



Giáo trình

KỸ THUẬT LẠNH

LÊ XUÂN HÒA

TP. HỒ CHÍ MINH 2007

Giáo trình

KỸ THUẬT LẠNH

LÊ XUÂN HÒA

TP. HỒ CHÍ MINH 2007

CHƯƠNG I

CƠ SỞ NHIỆT ĐỘNG CỦA MÁY LẠNH.

1.1 MỞ ĐẦU.

Từ xa xưa loài người đã biết sử dụng lạnh trong đời sống: để làm nguội một vật nóng người ta đưa nó tiếp xúc với vật lạnh. Ở những nơi mùa đông có băng tuyết thì vào mùa đông người ta sản xuất nước đá cây ngoài trời, sau đó đưa nước đá cây vào hầm tích trữ lại, vào mùa hè người ta sử dụng lượng lạnh do nước đá cây nhả ra để bảo quản rau quả, thịt cá thu hoạch được để dành cho mùa đông.

Ở thế kỷ 17 nhà vật lý người Anh là Bôil và nhà vật lý người Đức là Gerike đã phát hiện: ở áp suất chân không nhiệt độ bay hơi của nước thấp hơn ở áp suất khí quyển. Trên cơ sở này năm 1810 nhà bác học người Anh đã chế tạo ra máy lạnh sản xuất nước đá. Năm 1834 bác sỹ Perkin người Anh đã đưa máy lạnh dùng môi chất êtylen C_2H_2 vào ứng dụng. Khi một nhà bác học ở viện hàn lâm Pháp trình bày phương pháp bảo quản thịt bằng làm lạnh thì công nghệ lạnh mới thực sự phát triển.

Các môi chất lạnh ban đầu được sử dụng là không khí, êtylen C_2H_2 , ôxít cacbon CO_2 , ôxít sulfuric SO_2 , peôxít nitơ NO_2 ... Về sau môi chất lạnh tìm được là amoniac NH_3 . Những năm 30 ÷ 40 của thế kỷ 20 người ta tìm ra các freon, là các dẫn xuất từ dãy hydro cacbon no.

Năm 1862 máy lạnh hấp thụ ra đời. Năm 1874 kỹ sư Linde người Đức chế tạo ra máy nén lạnh đầu tiên tương đối hoàn chỉnh.

Sang thế kỷ 20 các cơ sở nhiệt động của máy lạnh đã tương đối hoàn thiện. Máy lạnh hiệu ứng Peltie, hiệu ứng từ trường ra đời. Công cuộc chạy đua làm lạnh về 0 K vẫn tiếp diễn.

Kỹ thuật lạnh được ứng dụng trong nhiều ngành:

1. Trong công nghiệp thực phẩm: bảo quản thịt, cá, rau, quả; trong sản xuất sữa, bia, nước ngọt, đồ hộp... Nước đá dùng rộng rãi trong ăn uống, bảo quản sơ bộ cá đánh bắt ở biển.
2. Trong công nghiệp: ngành luyện kim hóa lỏng không khí thu ôxy cấp cho các lò luyện gang (36 ÷ 38% ôxy), lò luyện thép và hàn cắt kim loại (tới 96 ÷ 99% ôxy); hóa lỏng rồi chưng cất không khí thu các đơn chất - khí trơ He, Kr, Ne, Xe - để nạp vào bóng đèn điện. Sử dụng lạnh cryo trong siêu dẫn.
3. Trong nông nghiệp: hóa lỏng không khí thu nitơ làm phân đạm.
4. Trong y tế: dùng lạnh bảo quản thuốc men, máu; dùng nitơ lỏng bảo quản các phôi, dùng lạnh trong mổ xẻ để giảm bớt chảy máu.
5. Trong quốc phòng: dùng ôxy lỏng cho tên lửa, tàu vũ trụ. Trước khi tên lửa khai hỏa người ta cho ôxy lỏng có nhiệt độ dạng khí $-180^\circ C$ ra khỏi bình chứa nên ta thấy phần ống phóng ở đuôi có băng và hơi nước ngưng tụ mù mịt, sau ít giây mới thấy lửa phụt ra, khi tên lửa bay phần đuôi vẫn đóng băng.
6. Điều hòa không khí cho nhà ở, nhà công cộng, các xí nghiệp công nghiệp, các phương tiện giao thông.

Ngày nay người ta đã chế tạo được nhiều loại máy nén khác nhau có công suất lạnh cho 1 máy nén tới 1000MCal/h với mô tơ điện tới 400kW.

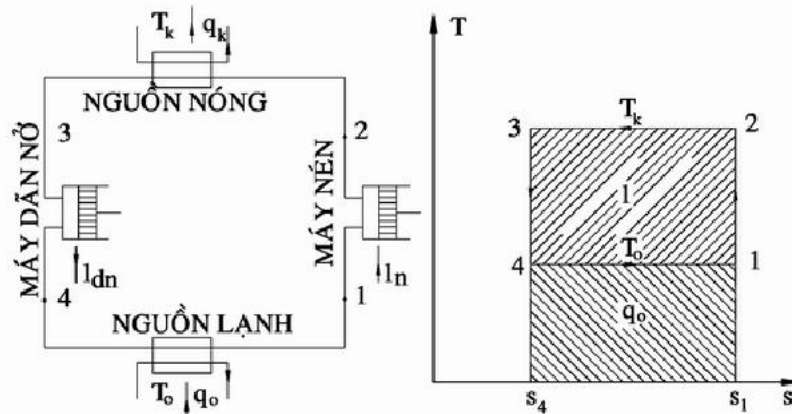
1.2 CHU TRÌNH NGƯỢC CARNOT (1796- 1832).

1.2.1 Định nghĩa: chu trình ngược Carnot là chu trình ngược được thực hiện bởi 2 quá trình đẳng nhiệt và 2 quá trình đẳng entropy.

Chu trình ngược Carnot là chu trình ngược lý tưởng, mọi quá trình là thuận nghịch, nhiệt

lượng q_0 được lấy ở nguồn lạnh có nhiệt độ t_0 , nhiệt lượng q_k nhả ra cho nguồn nóng có nhiệt độ t_k , để thực hiện chu trình ta tốn 1 công l

1.2.2 Sơ đồ, đồ thị, chu trình lý thuyết.



Hình 1.1: Máy lạnh 1 cấp dùng môi chất là không khí.

1-2: quá trình nén đẳng entropy ở máy nén; 2-3: quá trình nhả nhiệt đẳng nhiệt ở nguồn nóng; 3-4: quá trình dẫn nở đẳng entropy ở máy dẫn nở; 4-1: quá trình nhận nhiệt đẳng nhiệt ở nguồn lạnh.

1.2.3 Tính toán chu trình.

- 1) Công cấp cho máy nén: $l_{mn} = h_2 - h_1$;
- 2) Công cấp cho máy dẫn nở: $l_{dn} = h_3 - h_4$;
- 3) Công cấp cho chu trình: $l_{ct} = l_{mn} - l_{dn} = dt(12341) = (s_1 - s_4) \cdot (T_k - T_0)$; dt – diện tích (Trên đồ thị T-s).
- 4) Nhiệt lượng nhận được ở nguồn lạnh: $q_0 = dt(s_1 4 s_4 s_1) = (s_1 - s_4) \cdot T_0$; dt – diện tích (Trên đồ thị T-s).
- 5) Nhiệt lượng nhả ra ở nguồn nóng: $q_k = dt(s_1 2 3 s_4 s_1) = (s_1 - s_4) \cdot T_k$; dt – diện tích (Trên đồ thị T-s).
- 6) Hệ số làm lạnh ε : $\varepsilon = \frac{q_0}{l} = \frac{T_0}{T_k - T_0} = \frac{1}{\frac{T_0}{T_k} - 1}$.

Ý nghĩa hệ số làm lạnh ε : khi $l = 1$ ta có $\varepsilon = q_0$. Vậy hệ số làm lạnh ε cho biết lượng lạnh thu được là bao nhiêu khi tiêu tốn một đơn vị công.

1.2.4 Nhận xét, kết luận.

- 1) Khi có cùng dải nhiệt độ T_k , T_0 thì chu trình Carnot có hệ số làm lạnh ε lớn nhất.
- 2) Trong thực tế các quá trình trao đổi nhiệt đẳng nhiệt với nhiệt độ môi chất bằng nhiệt độ nguồn nhiệt là không thực hiện được. Muốn trao đổi nhiệt cho nhau nhiệt độ môi chất phải khác nhiệt độ nguồn nhiệt. Ở chu trình thực tế các quá trình nhận nhiệt là đẳng áp (đẳng nhiệt nếu ở vùng 2 pha hơi bão hòa ẩm). Các quá trình thực tế đều không thuận nghịch, do đó làm giảm hệ số làm lạnh ε .

1.3 PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP LÀM LẠNH NHÂN TẠO.

Phân chia dải nhiệt độ:

- Lạnh đông: $T_0 \geq 120 \text{ K}$;
- Lạnh cryo: $T_0 \leq 120 \text{ K}$;

Các phương pháp làm lạnh nhân tạo:

- 1) Làm lạnh bằng hiệu ứng tiết lưu (Làm lạnh bằng hiệu ứng dẫn nở đoạn nhiệt không sinh ngoại công).
- 2) Làm lạnh bằng hiệu ứng dẫn nở đoạn nhiệt, sinh ngoại công.
- 3) Làm lạnh bằng hiệu ứng hấp thụ.
- 4) Làm lạnh bằng hiệu ứng dòng lưu động qua ống (ejector, ống xoáy).
- 5) Làm lạnh bằng hiệu ứng nhiệt điện.
- 6) Làm lạnh bằng hiệu ứng từ trường.

Trong 6 phương pháp làm lạnh nhân tạo kể trên thì phương pháp 1 và 2 là thông dụng nhất. Đối với lạnh đông thì chỉ dùng phương pháp 1; với lạnh cryo sử dụng cả 1 và 2.

1.4 LÀM LẠNH NHỜ HIỆU ỨNG TIẾT LƯU.

1.4.1 Định nghĩa: quá trình tiết lưu là quá trình giảm áp suất do ma sát mà không sinh ngoại công khi môi chất chuyển động qua những chỗ có trở lực cục bộ đột ngột.

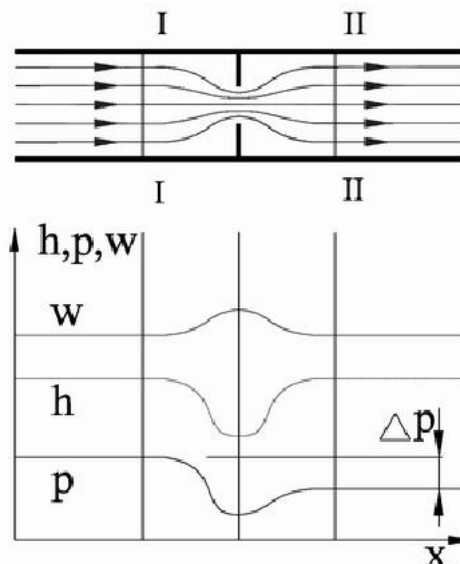
Ví dụ: môi chất chuyển động qua nghẽn van tiết lưu.

1.4.2 Quá trình tiết lưu.

Thông thường môi chất đi qua các nghẽn với vận tốc rất lớn (15 ÷ 20 m/s); chiều dài của nghẽn không lớn (chừng 20mm). Do đó nhiệt lượng do ma sát sinh ra coi như không kịp truyền ra môi trường xung quanh. Thực tế nhiệt do ma sát sinh ra không đáng kể. Do đó quá trình trao đổi nhiệt giữa môi chất và môi trường xung quanh được bỏ qua. Vậy quá trình tiết lưu được xem là quá trình dẫn nở đoạn nhiệt không sinh ngoại công.

Phương trình vi phân của định luật 1 nhiệt động học cho dòng khí và lỏng được viết như sau:

$$dq = dh + \underbrace{wdw}_{\text{động năng}} + \underbrace{gdz}_{\text{thế năng}} + \underbrace{dl_{kt}}_{\text{công kỹ thuật}} + \underbrace{dl_{ms}}_{\text{công ma sát}} ;$$



Hình 1.2: Hiệu ứng tiết lưu

- quá trình tiết lưu là đoạn nhiệt nên: $dq = 0$.
- ma sát không đáng kể và nhiệt lượng do ma sát sinh ra mang theo môi chất hoàn toàn nên: $dl_{ms} = 0$.

- do chiều dài tiết lưu không đáng kể nên $dz=0$.

Ta có: $d\left(h + \frac{w^2}{2}\right) = 0 \Rightarrow h + \frac{w^2}{2} = \text{const.}$

- Ta lấy tiết diện I-I và II-II (Hình 1.2) khá xa nghẽn tiết lưu sao cho dòng chảy chiếm toàn bộ tiết diện ống. Thông thường tiết diện trước I-I và sau tiết lưu II-II là như nhau nên thực tế có $w_1 \cong w_2$. Khi tiết diện I-I và II-II bằng nhau ta có: $w_1 = w_2$, $h_1 = h_2$ hay $h = \text{const.}$

Kết luận: quá trình tiết lưu là quá trình dẫn nở đoạn nhiệt đẳng enthalpy.

Lưu ý:

- 1) Ta viết $h = \text{const}$ chỉ đúng cho các tiết diện ở xa nghẽn, còn ở vị trí gần nghẽn thì $h + \frac{w^2}{2} = \text{const.}$

- 2) Đối với khí lý tưởng $h = c_p \cdot T$ nên $h + \frac{w^2}{2} = c_p \cdot T + \frac{w^2}{2} = \text{const}$; do đó nhiệt độ sau tiết lưu khi $w_1 = w_2$ là không đổi: $T_1 = T_2$.

1.4.3 Hiệu ứng Joule-Thompson:

Đối với các chất lỏng và khí thực khi đi qua tiết lưu nhiệt độ môi chất sau tiết lưu có thể giảm, không đổi hoặc tăng. Đánh giá sự biến đổi nhiệt độ nhờ hiệu ứng Joule-Thompson.

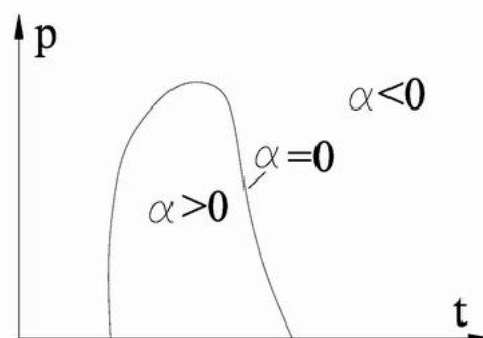
1.4.3.1 Định nghĩa: hiệu ứng vi phân Joule-Thompson là tỷ số giữa độ biến thiên nhiệt độ với độ biến thiên áp suất trong quá trình tiết lưu.

$$\alpha_h = \frac{dT}{dp}; \text{ Chỉ số } h \text{ có nghĩa quá trình có } h = \text{const.}$$

1.4.3.2 Công thức tính: Từ giáo trình nhiệt động ta có:

$$\alpha_h = \frac{dT}{dp} = \frac{T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p - v}{c_p}.$$

Ta có: $dp < 0$; $c_p > 0$. Do đó dấu của α_h phụ thuộc vào biểu thức $\left[T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p - v \right]$.



Hình 1.3: Đường chuyển biến.

- Khi $\left[T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p - v \right] > 0 \Rightarrow \alpha_h = \frac{dT}{dp} > 0 \Rightarrow dT < 0 \Rightarrow$ nhiệt độ sau tiết lưu giảm;

- Khi $\left[T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p - v \right] = 0 \Rightarrow \alpha_h = \frac{dT}{dp} = 0 \Rightarrow dT = 0 \Rightarrow$ nhiệt độ sau tiết lưu không đổi;
- Khi $\left[T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p - v \right] < 0 \Rightarrow \alpha_h = \frac{dT}{dp} < 0 \Rightarrow dT > 0 \Rightarrow$ nhiệt độ sau tiết lưu tăng.

Trạng thái khí thực khi tiết lưu có $\alpha_h = 0$ được gọi là trạng thái chuyển biến, nhiệt độ tương ứng được gọi là nhiệt độ chuyển biến. Các điểm trạng thái chuyển biến tạo thành đường chuyển biến (Hình 1.3).

Hiệu ứng Joule-Thompson được xác định theo công thức sau:

$$T_2 - T_1 = \int_{p_1}^{p_2} \alpha_h * dp.$$

Thông thường các khí thực có nhiệt độ chuyển biến T_{cb} ở áp suất môi trường khá cao $T_{cb} > 800K$, trừ 2 chất là H_2 có $T_{cb} = 200K$ và He có $T_{cb} = 30K$. Do đó đối với các máy lạnh thực tế ở giải nhiệt độ và áp suất công tác $-100 \div 310^\circ C$; $0,1 \div 20 kgf/cm^2$ thì nhiệt độ sau tiết lưu luôn luôn giảm.

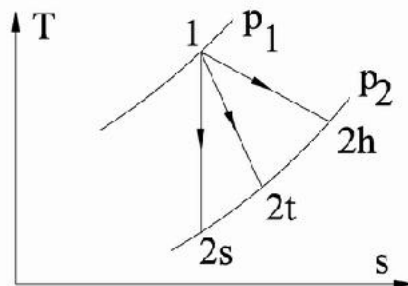
1.5 LÀM LẠNH NHỜ HIỆU ỨNG DẪN NỖ ĐOẠN NHIỆT SINH NGOẠI CÔNG.

1.5.1 Định nghĩa: quá trình dẫn nở đoạn nhiệt sinh ngoại công là quá trình dẫn nở thuận nghịch đẳng entropy của các chất từ áp suất cao xuống áp suất thấp.

Phương trình: $ds = 0$.

1.5.2 Hiệu ứng dẫn nở đoạn nhiệt đẳng entropy:

1.5.2.1 Định nghĩa: hiệu ứng dẫn nở đoạn nhiệt đẳng entropy vi phân là tỷ số giữa độ biến thiên nhiệt độ với độ biến thiên áp suất.



Hình 1.4: Quá trình dẫn nở đoạn nhiệt.

$$\alpha_s = \left(\frac{dT}{dp} \right)_s \Rightarrow T_2 - T_1 = \int_{p_1}^{p_2} \alpha_s \cdot dp$$

1.5.2.2 Công thức tính: từ giáo trình nhiệt động ta có:

$$\alpha_s = \left(\frac{dT}{dp} \right)_s = \frac{T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p}{c_p} > 0.$$

Do đó khi dẫn nở đoạn nhiệt nhiệt độ luôn luôn giảm.

1.5.2.3 So sánh với hiệu ứng vi phân tiết lưu: $\alpha_s - \alpha_h = \frac{v}{c_p} \geq 0$.

Do đó khi có cùng dải áp suất $\Delta p = p_1 - p_2$ và cùng các thông số trạng thái ban đầu thì nhiệt độ của môi chất sau khi dẫn nở đẳng entropy nhỏ hơn nhiệt độ cuối của tiết lưu: $T_{2s} \leq T_{2h}$. Dấu bằng xảy ra khi $c_p = \infty$ ở vùng 2 pha.

1.5.3 Ưu nhược điểm của tiết lưu và dẫn nở sinh ngoại công.

* Tiết lưu:

- Ưu: thiết bị là van tiết lưu gọn nhẹ, dễ chế tạo, rẻ tiền, dễ vận hành, dễ sửa chữa, dễ thay thế, độ tin cậy làm việc cao.
- Nhược: hiệu ứng $\Delta T_h \leq \Delta T_s$.

* Dẫn nở sinh ngoại công:

- Ưu: hiệu ứng $\Delta T_h \leq \Delta T_s$.
- Nhược: thiết bị là máy dẫn nở nặng nề, cồng kềnh, khó chế tạo, đắt tiền, vận hành phức tạp dễ hỏng, khó sửa chữa, thay thế tốn kém, vận hành cần thường xuyên theo dõi.

1.5.4 Nhận xét: các quá trình dẫn nở thực đều không thuận nghịch: $\Delta s = s_{2t} - s_1 > 0$. Đánh giá hiệu suất máy dẫn nở bằng tỷ số:

$$\eta = \frac{s_1 - s_{2t}}{s_1 - s_2}; \quad t - \text{thực}.$$

Ngày nay các máy dẫn nở không khí đạt tới $\eta \rightarrow 82\%$. Ở lạnh đông chỉ dùng van tiết lưu, ở lạnh cryo dùng máy dẫn nở để khởi động hệ thống và bù tổn thất nhiệt ra môi trường xung quanh hoặc lấy sản phẩm dạng lỏng, khi làm việc ổn định thì phần lớn môi chất lưu chuyển trong hệ thống đi qua van tiết lưu.

1.6 LÀM LẠNH NHỜ HIỆU ỨNG XOÁY.

Môi chất lạnh sử dụng trong hiệu ứng xoáy là các chất khí có áp suất cao, nhiệt độ ứng với môi trường xung quanh. Thông thường là không khí nén dư thừa ở các xí nghiệp công nghiệp như luyện kim. Phân nghiên cứu lý thuyết về hiệu ứng xoáy vẫn còn tiếp tục.

1.6.1 Sơ đồ, đồ thị T-s.

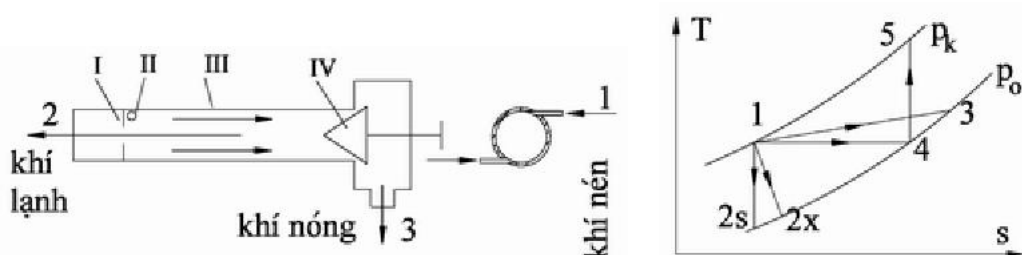
Thông số trạng thái các điểm nút (Hình 1.5):

Điểm 1: thông số trạng thái ban đầu $p = p_k$; $T = T_{mtxq}$

Điểm 2x: thông số trạng thái không khí lạnh ra khỏi ống;

Điểm 3; thông số trạng thái không khí nóng ra khỏi ống;

Điểm 4: thông số trạng thái không khí đi vào máy nén khí.



Hình 1.5: Ống xoáy.

I - vách chắn; II - ống phun tiếp tuyến; III - ống xoáy; IV - van tiết lưu.

1.6.2 Nguyên lý làm việc:

Chu trình được thực hiện bằng các quá trình 1-3 và 1-2x trong ống xoáy, quá trình giả định nhận nhiệt đẳng áp 2x-4 ở phụ tải lạnh, quá trình giả định nhả nhiệt đẳng áp 3-4 ra môi trường

xung quanh, quá trình nén đoạn nhiệt 4-5 ở máy nén khí, quá trình làm mát đẳng áp 5-1.

Dòng khí cao áp với thông số trạng thái 1 theo ống phun II đi vào ống xoáy III theo phương tiếp tuyến, tạo thành chuyển động xoay quanh mặt trong của ống III; bị vách chắn I chắn lại nên dòng xoáy đi về cửa van tiết lưu IV. Tại nghẽn van tiết lưu IV lớp xoáy tâm ống bị van tiết lưu IV chắn đi ngược trở về khe hở ở tâm vách chắn I về đầu lạnh với thông số trạng thái 2x, lớp không khí xoáy sát thành ống đi qua khe hở giữa van tiết lưu IV và ống III đi về phía đầu nóng với thông số trạng thái 3. Trong khoảng không gian từ vách chắn I đến van tiết lưu IV xảy ra sự trao đổi nhiệt giữa hai dòng không khí xoáy đi ngược chiều nhau: xảy ra quá trình trao đổi nhiệt từ dòng trung tâm truyền ra dòng sát vách ống do chúng có động năng khác nhau, do đó ta có $T_3 > T_1 > T_{2x}$.

1.6.3 Hiệu ứng xoáy.

Ta đánh giá hiệu ứng xoáy theo các tỷ số sau:

- Tỷ số làm lạnh $\theta_l = \frac{T_{2x}}{T_1}$.
- Tỷ số đốt nóng $\theta_n = \frac{T_3}{T_1}$.
- Hiệu suất $\eta = \frac{\Delta T_x}{\Delta T_s} = \frac{T_1 - T_{2x}}{T_1 - T_{2s}}$.

1.6.4 Ưu nhược điểm.

Ưu:

- Gọn nhẹ, bền, dễ chế tạo, dễ sử dụng.
- Đạt độ lạnh cần thiết nhanh.

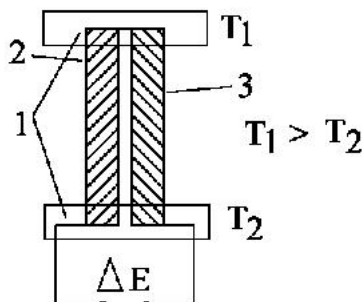
Nhược:

- Độ hoàn thiện nhiệt động thấp $\varepsilon = \frac{q_o}{l} = \frac{h_4 - h_{2x}}{h_5 - h_4} \approx \text{vài } \%$

Do đó làm lạnh bằng hiệu ứng ống xoáy chỉ thực hiện được ở những nơi có không khí nén dư thừa bỏ đi.

1.7 LÀM LẠNH NHỜ HIỆU ỨNG NHIỆT ĐIỆN.

1.7.1 Hiệu ứng Zeebec.



Hình 1.6: Hiệu ứng Zeebec

1. Các tấm đồng. 2. Các thanh bán dẫn có bản chất khác nhau

Năm 1821 nhà vật lý Zeebec người Đức phát hiện ra hiện tượng sau: cho 1 mạch điện tạo thành từ 2 thanh bán dẫn có bản chất khác nhau (Hình 1.6), hiệu điện thế E sẽ xuất hiện nếu các

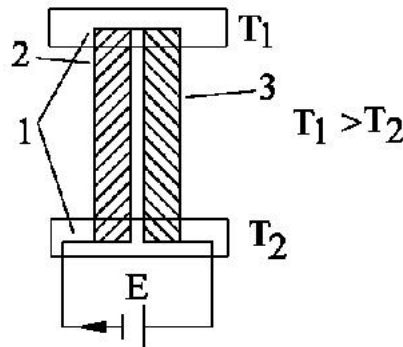
cặp đầu nối được nhúng vào các môi trường có nhiệt độ khác nhau. Hiệu điện thế ở dạng vi phân được viết như sau:

$$dE = \alpha \cdot dT$$

với α là hệ số tỷ lệ; $[\alpha] = mV/K$.

Thông thường α phụ thuộc vào nhiệt độ, để đơn giản ta xem $\alpha = \text{const.} \Rightarrow \Delta E = \alpha \cdot \Delta T = \alpha \cdot (T_1 - T_2)$. Nếu đổi đầu cặp nhiệt thì chiều của hiệu điện thế sẽ ngược lại.

1.7.2 Hiệu ứng Peltier:



Hình 1.7: Hiệu ứng Peltier

1. Các tấm đồng. 2. Các thanh bán dẫn có bản chất khác nhau

Năm 1834 nhà vật lý Peltier người Pháp phát hiện ra hiệu ứng vật lý mang tên ông. Hiệu ứng Peltier được phát biểu như sau: nếu cho dòng điện chạy qua một mạch điện được cấu tạo từ 2 chất dẫn điện khác nhau (Hình 1.7) thì 1 đầu sẽ nóng lên và tỏa nhiệt, đầu còn lại lạnh đi và thu nhiệt.

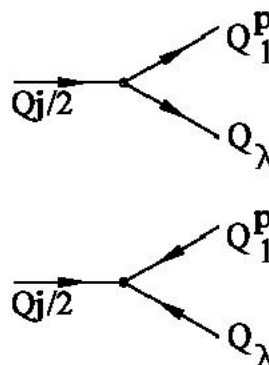
Nếu cho dòng điện chạy ngược lại thì đầu tỏa nhiệt sẽ trở thành thu nhiệt, đầu thu nhiệt sẽ trở thành tỏa nhiệt.

Nhiệt lượng tỏa ra hay nhận vào ở mỗi đầu theo hiệu ứng Peltier được tính theo công thức sau:

$$Q = \Pi \cdot I; \text{ với } \Pi \text{ là hệ số Peltier, } \Pi = \alpha \cdot T.$$

$$\text{Nhiệt lượng tỏa ra ở đầu nóng: } Q_1^P = \alpha \cdot T_1 \cdot I;$$

$$\text{Nhiệt lượng thu được ở đầu lạnh: } Q_2^P = \alpha \cdot T_2 \cdot I;$$



Hình 1.8: Các dòng nhiệt.

Do các thanh dẫn có điện trở và hiệu điện thế theo hiệu ứng Seebeck $\Delta E = \alpha \cdot (T_1 - T_2)$ nên có nhiệt lượng tỏa ra theo định luật tính công của dòng điện Jun-Lenơ, ký hiệu là Q_j . Thông thường

các thanh dẫn điện có thể coi có độ dẫn điện như nhau. Do đó có thể coi $\frac{1}{2} \cdot Q_j$ tỏa ra ở mỗi đầu (Hình 1.8).

Do có độ chênh nhiệt độ $\Delta T = T_1 - T_2$ nên có sự dẫn nhiệt từ đầu nóng về đầu lạnh, ký hiệu Q_λ .

Nhiệt lượng tỏa ra ở đầu nóng: $Q_1 = Q_1^p + Q_\lambda - \frac{1}{2} \cdot Q_j$;

Nhiệt lượng thu được ở đầu lạnh: $Q_2 = Q_2^p + Q_\lambda + \frac{1}{2} \cdot Q_j$;

Công có ích cấp cho mạch:

$$L_{ct} = Q_1 - Q_2 = Q_1^p - Q_2^p - Q_j = \alpha \cdot (T_1 - T_2) \cdot I - Q_j.$$

Điện năng cấp cho chu trình: $L = E \cdot I$.

Hiệu suất của chu trình: $\eta_t = \frac{Q_2^p}{L} = 1 \div 2\%$.

Nhận xét:

- Ưu:
 - Thiết bị không có các bộ phận chuyển động cơ khí nên không ồn, thời gian sử dụng lớn.
 - Do không có môi chất nên không sợ rò rỉ, không phải tính sức bền các chi tiết.
- Nhược:
 - Đắt tiền do dùng chất bán dẫn, hiệu suất η_t thấp nên không kinh tế.

1.8 LÀM LẠNH NHỜ HIỆU ỨNG HẤP THỤ.

Phương pháp làm lạnh bằng hấp thụ được thực hiện nhờ các phản ứng hóa nhiệt liên tiếp nhau của môi chất làm lạnh và chất hấp thụ khi ở cùng áp suất và nhiệt độ. Các chất thông dụng là H_2O-NH_3 ; $LiBr-H_2O$. Chúng ta sẽ xem xét kỹ ở phần máy lạnh hấp thụ.

CHƯƠNG 2: MÔI CHẤT LÀM LẠNH, MÔI CHẤT TẢI LẠNH, DẦU BÔI TRƠN.

2.1 CÁC YÊU CẦU ĐỐI VỚI MÔI CHẤT LÀM LẠNH. (17 yêu cầu)

2.1.1 Các yêu cầu về nhiệt động.

- 1) Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển phải thấp: tránh cho thiết bị bay hơi khỏi phải làm việc với áp suất chân không.
- 2) Ở nhiệt độ môi trường áp suất ngưng tụ phải thấp, song phải cao hơn áp suất khí quyển: giảm chiều dài các thiết bị, đường ống trong hệ thống lạnh.
- 3) Nhiệt độ tới hạn phải cao: tăng dài làm việc cho máy lạnh.
- 4) Nhiệt độ điểm 3 pha phải thấp: tăng dài làm việc cho máy lạnh.
- 5) Nhiệt ẩn hóa hơi lớn: lượng môi chất tuần hoàn trong hệ thống nhỏ.
- 6) Nhiệt dung riêng đẳng áp phải lớn: các đường đẳng áp càng nằm ngang thì chu trình càng gần về chu trình ngược Carnot.
- 7) Độ nhớt vừa phải: độ nhớt lớn làm tăng công tiêu tốn vô ích cho ma sát, độ nhớt nhỏ thì môi chất dễ rò rỉ qua khe hở.

2.1.2 Các yêu cầu về hóa học.

- 8) Không gây cháy.
- 9) Không gây nổ.
- 10) Không phản ứng với dầu bôi trơn.
- 11) Không phản ứng hóa học, không ăn mòn kim loại của máy móc, đường ống hệ thống lạnh.
- 12) Hòa tan được nước: để tránh gây tắc van tiết lưu khi môi chất có lẫn nước.
- 13) Khi rò rỉ dễ phát hiện (bằng mùi, màu, các chỉ thị, độ dẫn điện).
- 14) Khi rò rỉ không làm hỏng các sản phẩm cần bảo quản lạnh.

2.1.3 Các yêu cầu về sinh lý.

- 15) Không độc hại.

2.1.4 Các yêu cầu về kinh tế.

- 16) Rẻ tiền, dễ kiếm, dễ chế tạo.

2.1.5 Các yêu cầu về môi trường.

- 17) Không gây ô nhiễm môi trường.

Trong thực tế không có môi chất nào đáp ứng được tất cả các yêu cầu kể trên. Vì vậy khi chọn môi chất phải dựa vào các yêu cầu thực tế quan trọng nhất, bỏ qua các yêu cầu còn lại.

Ngày nay các môi chất thông dụng nhất là amôniac NH_3 và các freon.

2.2 CÁC TÍNH CHẤT CỦA AMÔNIAC (NH_3 - R717):

Amôniac là môi chất có độ hoàn thiện nhiệt động cao nhất so với tất cả các môi chất được sử dụng trong kỹ thuật lạnh: trong cùng điều kiện làm việc thì NH_3 có hệ số làm lạnh ϵ cao nhất. Do đó NH_3 được sử dụng rộng rãi trong máy nén lạnh 1 và 2 cấp.

2.2.1 Các tính chất về nhiệt động.

- 1) Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển thấp: $p = 1 \text{ kgf/cm}^2$; $t = -33,4^\circ\text{C}$.
- 2) Ở nhiệt độ môi trường áp suất ngưng tụ vừa phải: $t = 40^\circ\text{C}$; $p = 16 \text{ at}$.
- 3) Nhiệt độ tới hạn tương đối cao: $t_{th} = 132,4^\circ\text{C}$; $p_{th} = 115,2 \text{ at}$.

- 4) Nhiệt độ đông đặc điểm 3 pha thấp: $t_{dd} = -77,7^{\circ}\text{C}$.
- 5) Nhiệt ẩn hóa hơi lớn, lớn nhất trong các môi chất lạnh, ví dụ tại -15°C thì $r = 1312\text{kJ/kg}$.
- 6) Nhiệt dung riêng đẳng áp vừa phải.
- 7) Độ nhớt vừa phải, lớn hơn độ nhớt của nước.

2.2.2 Các tính chất về hóa học.

- 8) Gây cháy ở nồng độ $\xi < 16$ và $\xi > 25\%$ trong không khí khi có môi lửa, ngọn lửa có màu vàng.
- 9) Gây nổ ở nồng độ $\xi = 16 \div 25\%$ trong không khí khi có môi lửa.
- 10) Dầu bôi trơn chuyên dụng; khối lượng riêng của dầu cao hơn khối lượng riêng của lỏng amôniac (Ví dụ tại -15°C lỏng R717 có khối lượng riêng là $658,63\text{kg/m}^3$), không hoà tan dầu bôi trơn.
- 11) Không ăn mòn kim loại đen; ăn mòn kim loại màu khi có nước, đặc biệt là nhôm và đồng, ngoại trừ hợp kim đồng có chứa photpho và một số hợp kim nhôm đặc biệt.
- 12) Hòa tan được nước với mọi tỷ lệ, ở cả 3 pha, do đó chỉ có thể tách nước ra khỏi amôniac bằng các biện pháp đặc biệt.
- 13) Khi rò rỉ dễ phát hiện: có mùi khai đặc biệt.
- 14) Khi rò rỉ làm hỏng các sản phẩm cần bảo quản lạnh.

2.2.3 Các tính chất về sinh lý.

- 15) Độc hại bảng 2 (bảng 1 là KCN, SO_2 , HCl, HF, NO_2 ...; không khí thuộc bảng 6); ở nồng độ 1% trong không khí gây ngất sau 1 phút.

2.2.4 Các tính chất về kinh tế.

- 16) Rẻ tiền, dễ kiếm, dễ chế tạo.

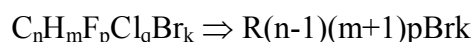
2.1.5 Các tính chất về môi trường.

- 17) Không gây ô nhiễm môi trường, khi rò rỉ chỉ gây hại tức thì, về lâu dài chính là phân đạm cho cây.

2.3 ĐẠI CƯƠNG VỀ MÔI CHẤT LẠNH VÀ FREON.

Freon là các sản phẩm hình thành từ dãy hydro carbon no $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ bằng cách thay thế các nguyên tử hydro bằng các nguyên tử flo F, clo Cl, brom Br.

Mã hóa các freon như sau:



(số nguyên tử Cl được tính theo công thức: $q = (2n+2) - (m+p+k)$).

khi $n=1$ thì $n-1=0$ trong ký hiệu người ta bỏ số 0 đi, chỉ còn $\text{R}(m+1)p\text{Br}k$.

Ví dụ: môi chất lạnh CFC R12 $\Rightarrow \text{CF}_2\text{Cl}_2$

môi chất lạnh HCFC R22 $\Rightarrow \text{CHF}_2\text{Cl}$; R142 $\Rightarrow \text{C}_2\text{H}_3\text{F}_2\text{Cl}$;

môi chất lạnh HFC R134a $\Rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$.

Ký hiệu R4xy là hỗn hợp không đồng sôi; ví dụ R404a (R125/R143a/R134a tỷ lệ 44/52/4).

Ký hiệu R5xy là hỗn hợp đồng sôi; ví dụ R507 (R125/R143a tỷ lệ 50/50).

Ký hiệu R7xy là môi chất vô cơ, xy là phân tử lượng của môi chất; ví dụ NH_3 có phân tử lượng là 17 $\Rightarrow$ ký hiệu R717, CO_2 có phân tử lượng 44 $\Rightarrow$ ký hiệu R744

2.4 CÁC TÍNH CHẤT CỦA R12. (CF_2Cl_2 Diclodiflometan)

R12 là môi chất có độ hoàn thiện nhiệt động cao, thua kém NH_3 một ít, từng dùng rộng rãi

cho máy lạnh 1 cấp, nay bị hạn chế và tiến tới cấm sử dụng do trong thành phần hóa học có Cl phá hủy tầng ozon khi rò rỉ.

2.4.1 Các tính chất về nhiệt động.

- 1) Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển thấp: $p = 1 \text{ kgf/cm}^2$; $t = -29,8^\circ\text{C}$.
- 2) Ở nhiệt độ môi trường áp suất ngưng tụ vừa phải: $t = 40^\circ\text{C}$; $p = 9,5 \text{ at}$.
- 3) Nhiệt độ tới hạn tương đối cao: $t_{th} = 112,04^\circ\text{C}$; $p_{th} = 41,96 \text{ at}$.
- 4) Nhiệt độ đông đặc điểm 3 pha thấp: $t_{dd} = -155^\circ\text{C}$.
- 5) Nhiệt ẩn hóa hơi tương đối lớn, ví dụ tại -15°C thì $r = 159.55 \text{ kJ/kg}$.
- 6) Nhiệt dung riêng đẳng áp vừa phải.
- 7) Độ nhớt rất nhỏ, nhỏ hơn không khí nên R12 có thể rò rỉ qua các khe hở mà không khí không đi qua được, độ nhớt R12 lớn hơn nitơ một chút nên thử kín phải dùng nitơ khô.

2.4.2 Các tính chất về hóa học.

- 8) Không gây cháy.
- 9) Không gây nổ; tuy nhiên ở nhiệt độ $t > 450^\circ\text{C}$ R12 phân hủy thành các chất cực kỳ độc hại như HCl, HF (độc hại bằng 1). Do đó nghiêm cấm các vật có nhiệt độ bề mặt trên 400°C trong phòng máy.
- 10) Dầu bôi trơn chuyên dụng; khối lượng riêng ρ của dầu nhỏ hơn khối lượng riêng của lỏng R12 (Ví dụ tại -15°C lỏng R12 có khối lượng riêng là $1443,83 \text{ kg/m}^3$), độ hòa tan dầu bôi trơn phụ thuộc vào nhiệt độ bão hòa của môi chất R12: ở nhiệt độ $t \leq 45^\circ\text{C}$ hỗn hợp lỏng chia làm 2 lớp, lớp trên là dầu, lớp dưới là hỗn hợp dầu và R12.
- 11) Không ăn mòn kim loại; R12 là môi chất bền vững về mặt hóa học.
- 12) Không hòa tan được nước, lượng nước hòa tan tối đa là 0,0006% khối lượng, cho phép làm việc là 0,0004%; do đó có thể tách nước ra khỏi R12 bằng các chất hút ẩm thông dụng.
- 13) Khi rò rỉ khó phát hiện: R12 không màu, có mùi thơm nhẹ, không vị.
- 14) Khi rò rỉ không làm hỏng các sản phẩm cần bảo quản lạnh.

2.4.3 Các tính chất về sinh lý.

- 15) Độc hại bằng 5; ở nồng độ 30% trong không khí gây váng vất khó thở do thiếu ôxy (Nồng độ thể tích ôxy lúc này trong không khí còn 14%).

2.4.4 Các tính chất về kinh tế.

- 16) Tương đối rẻ tiền, dễ kiếm, dễ chế tạo.

2.4.5 Các tính chất về môi trường.

- 17) Gây ô nhiễm môi trường: khi rò rỉ R12 bay dần lên tầng thượng lưu khí quyển, gây hiệu ứng lồng kính, do có thành phần Cl nên R12 phá hoại, làm thủng tầng ozon.

2.5 CÁC TÍNH CHẤT CỦA R22 (CHF_2Cl Monoclodiflometan).

R22 là môi chất có độ hoàn thiện nhiệt động cao, chỉ xếp sau NH_3 , từng dùng rộng rãi cho máy lạnh 1 và 2 cấp, nay bị hạn chế và tiến tới cấm sử dụng do trong thành phần hóa học có Cl phá hủy tầng ozon khi rò rỉ.

2.5.1 Các tính chất về nhiệt động.

- 1) Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển thấp: $p = 1 \text{ kgf/cm}^2$; $t = -40,8^\circ\text{C}$.
- 2) Ở nhiệt độ môi trường áp suất ngưng tụ vừa phải: $t = 40^\circ\text{C}$; $p = 15 \text{ at}$.
- 3) Nhiệt độ tới hạn tương đối cao: $t_{th} = 96^\circ\text{C}$; $p_{th} = 50,33 \text{ at}$.
- 4) Nhiệt độ đông đặc điểm 3 pha thấp: $t_{dd} = -160^\circ\text{C}$.
- 5) Nhiệt ẩn hóa hơi tương đối lớn, ví dụ tại -15°C thì $r = 217 \text{ kJ/kg}$.

- 6) Nhiệt dung riêng đẳng áp vừa phải.
- 7) Độ nhớt rất nhỏ, nhỏ hơn không khí nên R22 có thể rò rỉ qua các khe hở mà không khí không đi qua được, độ nhớt R22 lớn hơn nitơ một chút nên thử kín phải dùng nitơ khô.

2.5.2 Các tính chất về hóa học.

- 8) Không gây cháy.
- 9) Không gây nổ; tuy nhiên ở nhiệt độ $t > 450^{\circ}\text{C}$ R22 phân hủy thành các chất cực kỳ độc hại như HCl, HF (độc hại bảng 1). Do đó nghiêm cấm các vật có nhiệt độ bề mặt trên 400°C trong phòng máy.
- 10) Dầu bôi trơn chuyên dụng; khối lượng riêng ρ của dầu nhỏ hơn khối lượng riêng của lỏng R22 (Ví dụ tại -15°C lỏng R22 có khối lượng riêng là 1335kg/m^3), độ hòa tan dầu bôi trơn phụ thuộc vào nhiệt độ bão hòa của môi chất R22: ở nhiệt độ $t < -45^{\circ}\text{C}$ hỗn hợp lỏng chia làm 2 lớp, lớp trên là dầu, lớp dưới là hỗn hợp dầu và R22.
- 11) Không ăn mòn kim loại; R22 là môi chất bền vững về mặt hóa học.
- 12) Không hòa tan được nước, lượng nước hòa tan tối đa là 0,0006% khối lượng, cho phép làm việc là 0,0004%; do đó có thể tách nước ra khỏi R22 bằng các chất hút ẩm thông dụng.
- 13) Khi rò rỉ khó phát hiện: R22 không màu, không mùi, không vị.
- 14) Khi rò rỉ không làm hỏng các sản phẩm cần bảo quản lạnh.

2.5.3 Các tính chất về sinh lý.

- 15) Độc hại bảng 5; ở nồng độ 30% trong không khí gây váng vất khó thở do thiếu ôxy (Nồng độ thể tích ôxy lúc này trong không khí còn 14%).

2.5.4 Các tính chất về kinh tế.

- 16) Tương đối rẻ tiền, dễ kiếm, dễ chế tạo.

2.5.5 Các tính chất về môi trường.

- 17) Gây ô nhiễm môi trường: khi rò rỉ R22 bay dần lên tầng thượng lưu khí quyển, gây hiệu ứng lồng kính, do có thành phần Cl nên R22 phá hoại, làm thủng tầng ozon.

2.6 CÁC TÍNH CHẤT CỦA R134a ($\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$ Tetrafloetan).

R134a là môi chất có độ hoàn thiện nhiệt động tương đối cao, thua R12 và R22, là môi chất lạnh mới, được dùng rộng rãi cho máy lạnh 1 cấp trong điều hòa không khí, là môi chất thân thiện với môi trường do trong thành phần hóa học không có Cl nên không phá hủy tầng ozon khi rò rỉ. Ký tự “a” là ký hiệu môi chất R134a là một đồng phân của $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$).

2.6.1 Các tính chất về nhiệt động.

- 1) Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển thấp: $p = 1,013\text{ bar}$; $t = -26,2^{\circ}\text{C}$.
- 2) Ở nhiệt độ môi trường áp suất ngưng tụ vừa phải: $t = 40^{\circ}\text{C}$; $p = 10,1761\text{ bar}$.
- 3) Nhiệt độ tới hạn tương đối cao: $t_{\text{th}} = 101,15^{\circ}\text{C}$; $p_{\text{th}} = 40,46\text{ bar}$.
- 4) Nhiệt độ đông đặc điểm 3 pha thấp.
- 5) Nhiệt ẩn hóa hơi tương đối lớn, ví dụ $r = 269,2\text{ kJ/kg}$ tại -15°C .
- 6) Nhiệt dung riêng đẳng áp vừa phải.
- 7) Độ nhớt rất nhỏ, nhỏ hơn không khí nên R134a có thể rò rỉ qua các khe hở mà không khí không đi qua được, độ nhớt R134a lớn hơn nitơ một chút nên thử kín phải dùng nitơ khô.

2.6.2 Các tính chất về hóa học.

- 8) Không gây cháy.
- 9) Không gây nổ; tuy nhiên ở nhiệt độ cao R134a phân hủy thành chất cực kỳ độc hại như HF (độc hại bảng 1). Do đó nghiêm cấm các vật có nhiệt độ bề mặt cao trong phòng máy.

- 10) Dầu bôi trơn chuyên dụng; khối lượng riêng ρ của dầu nhỏ hơn khối lượng riêng của lỏng R134a (Ví dụ tại -15°C lỏng R134a có khối lượng riêng là $1428,57\text{kg/m}^3$), độ hòa tan dầu bôi trơn phụ thuộc vào loại dầu, thường dùng dầu polyolester POE, polyalkylenglycol PAG hoặc polyglycol PG để có thể hòa tan dầu.
- 11) Không ăn mòn kim loại; R134a là môi chất bền vững về mặt hóa học.
- 12) Không hòa tan được nước; do đó có thể tách nước ra khỏi R134a bằng các chất hút ẩm thông dụng.
- 13) Khi rò rỉ khó phát hiện: R134a không màu, không mùi, không vị.
- 14) Khi rò rỉ không làm hỏng các sản phẩm cần bảo quản lạnh.

2.6.3 Các tính chất về sinh lý.

- 15) Độc hại bảng 5.

2.6.4 Các tính chất về kinh tế.

- 16) Hiện tại còn đắt tiền, dễ kiếm.

2.6.5 Các tính chất về môi trường.

- 17) Là môi chất thân thiện với môi trường.

2.7 CÁC YÊU CẦU ĐỐI VỚI MÔI CHẤT TẢI LẠNH, PHÂN LOẠI.

Trong nhiều trường hợp người ta không thể đưa trực tiếp môi chất lạnh đến vật cần làm lạnh được mà phải truyền lạnh từ môi chất lạnh đến vật cần làm lạnh gián tiếp thông qua môi chất trung gian được gọi là môi chất tải lạnh.

Ví dụ: các bể sản xuất nước đá cây dùng nước muối NaCl, các kho trữ đông dùng không khí làm môi chất tải lạnh.

2.7.1 Các yêu cầu về nhiệt động.

- 1) Nhiệt độ đóng băng phải thấp.
- 2) Nhiệt dung riêng phải lớn để giảm lưu lượng và các tổn thất không thuận nghịch.
- 3) Độ nhớt phải bé để giảm tổn thất thủy lực.

2.7.2 Các yêu cầu về hóa lý.

- 4) Không làm hỏng các sản phẩm cần làm lạnh.
- 5) Không tác dụng hóa học, không ăn mòn kim loại của hệ thống lưu chuyển môi chất tải lạnh.
- 6) Bền vững hóa học trong dải nhiệt độ làm việc.
- 7) Không gây cháy.
- 8) Không gây nổ.

2.7.3 Các yêu cầu về sinh lý.

- 9) Không độc hại.

2.7.4 Các yêu cầu về kinh tế.

- 10) Rẻ tiền, dễ kiếm, dễ chế tạo.

2.7.5 Các yêu cầu về môi trường.

- 11) Không gây ô nhiễm môi trường.

2.7.6 Phân loại.

Môi chất tải lạnh thông dụng gồm có không khí và dãy các chất lỏng. Các chất lỏng được chia làm 4 nhóm:

- 1) Nước H_2O , dung dịch nước muối NaCl, CaCl_2 .
- 2) Dung dịch nước với rượu etylen glycol $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$; propylen glycol $\text{C}_3\text{H}_6(\text{OH})_2$ ở các nồng độ khác nhau.

độ khác nhau.

- 3) Môi chất tải lạnh nhiệt độ thấp như R30 (CH_2Cl_2); R11 (CFCl_3); rượu etyl $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; rượu methyl CH_3OH .
- 4) Môi chất tải lạnh đặc biệt như các sản phẩm của dầu mỏ, các loại dầu tổng hợp.

2.8 MÔI CHẤT TẢI LẠNH LÀ KHÔNG KHÍ.

2.8.1 Các yêu cầu về nhiệt động.

- 1) Nhiệt độ hóa lỏng rất thấp: chừng -200°C ở áp suất khí quyển.
- 2) Nhiệt dung riêng nhỏ: $c_p = 1,007\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ nên lưu lượng tuần hoàn lớn.
- 3) Độ nhớt bé, tổn thất thủy lực nhỏ.

2.8.2 Các yêu cầu về hóa lý.

- 4) Không làm hỏng các sản phẩm cần làm lạnh.
- 5) Không tác dụng hóa học, không ăn mòn kim loại của hệ thống lưu chuyển môi chất tải lạnh.
- 6) Bền vững hóa học trong dải nhiệt độ làm việc.
- 7) Không gây cháy.
- 8) Không gây nổ.

2.8.3 Các yêu cầu về sinh lý.

- 9) Không độc hại.

2.8.4 Các yêu cầu về kinh tế.

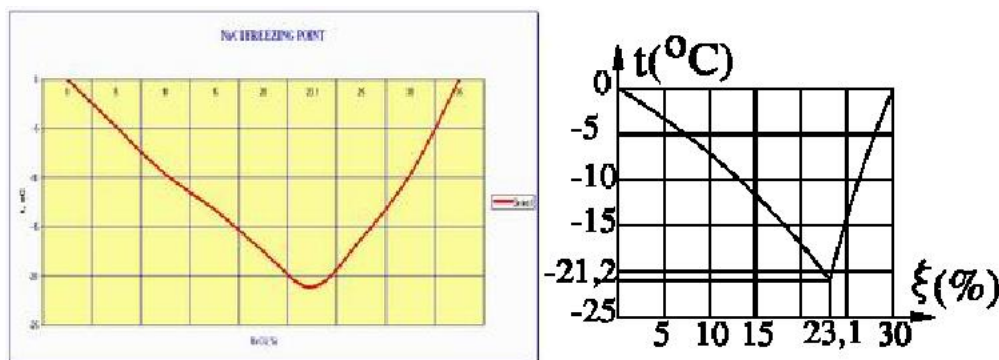
- 10) Có sẵn mọi nơi.

2.8.5 Các yêu cầu về môi trường.

- 11) Không gây ô nhiễm môi trường.

2.9 MÔI CHẤT TẢI LẠNH LÀ NƯỚC MUỐI $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$.

2.9.1 Các yêu cầu về nhiệt động.



Hình 2.1: Nhiệt độ đóng băng của nước muối NaCl theo nồng độ.

- 1) Nhiệt độ đóng băng phụ thuộc vào nồng độ muối trong dung dịch. Nhiệt độ thấp nhất mà dung dịch đạt được $t_{db} = -21,2^\circ\text{C}$, nồng độ dung dịch $\xi = 23,1\%$ (Hình 2.1).
- 2) Nhiệt dung riêng lớn.
- 3) Độ nhớt vừa phải.

2.9.2 Các yêu cầu về hóa lý.

- 4) Không làm hỏng các sản phẩm cần làm lạnh, khi rò rỉ vào sản phẩm chỉ làm mặn sản phẩm.

- 5) Có tác dụng hóa học, ăn mòn kim loại của hệ thống lưu chuyển môi chất tải lạnh.
- 6) Bền vững hóa học trong dải nhiệt độ làm việc.
- 7) Không gây cháy.
- 8) Không gây nổ.

2.9.3 Các yêu cầu về sinh lý.

- 9) Không độc hại.

2.9.4 Các yêu cầu về kinh tế.

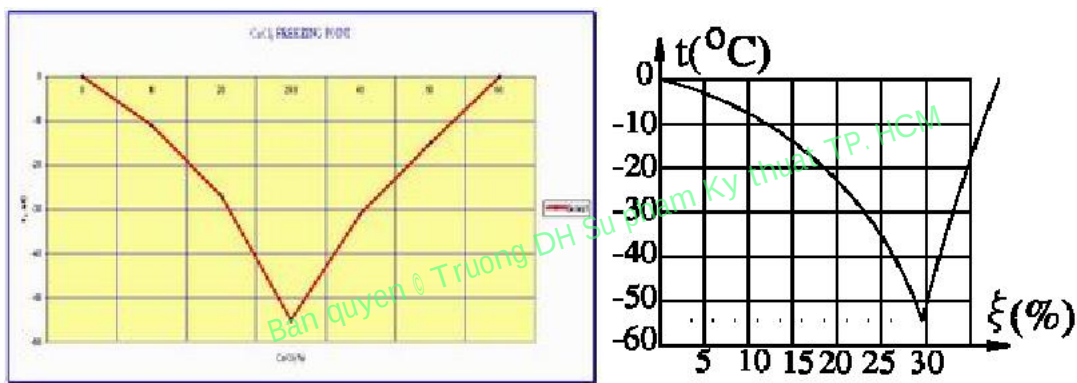
- 10) Rẻ tiền, dễ tìm.

2.9.5 Các yêu cầu về môi trường.

- 11) Không gây ô nhiễm môi trường.

2.10 MÔI CHẤT TẢI LẠNH LÀ NƯỚC MUỐI $\text{CaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$.

2.10.1 Các yêu cầu về nhiệt động.



Hình 2.2: Nhiệt độ đóng băng của nước muối CaCl_2 theo nồng độ.

- 1) Nhiệt độ đóng băng phụ thuộc vào nồng độ muối trong dung dịch. Nhiệt độ thấp nhất mà dung dịch đạt được $t_{db} = -55^\circ\text{C}$, nồng độ dung dịch $\xi = 29,9\%$ (Hình 2.2).
- 2) Nhiệt dung riêng lớn.
- 3) Độ nhớt vừa phải.

2.10.2 Các yêu cầu về hóa lý.

- 4) Không làm hỏng các sản phẩm cần làm lạnh, khi rò rỉ vào sản phẩm chỉ làm mặn sản phẩm.
- 5) Có tác dụng hóa học, ăn mòn kim loại của hệ thống lưu chuyển môi chất tải lạnh.
- 6) Bền vững hóa học trong dải nhiệt độ làm việc.
- 7) Không gây cháy.
- 8) Không gây nổ.

2.10.3 Các yêu cầu về sinh lý.

- 9) Không độc hại.

2.10.4 Các yêu cầu về kinh tế.

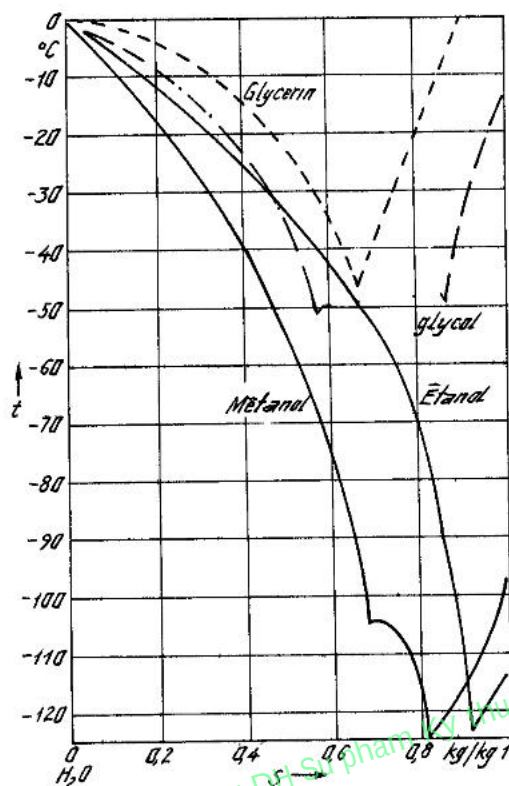
- 10) Rẻ tiền, dễ tìm.

2.10.5 Các yêu cầu về môi trường.

- 11) Không gây ô nhiễm môi trường.

2.11 MÔI CHẤT TẢI LẠNH LÀ HỖN HỢP NƯỚC-ETYLENGLYCOL ($\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$).

Etylenglycol $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$ là chất lỏng không màu, không mùi, có vị ngọt và có tính nhờn. Glycol dùng làm chất tải lạnh và chất tải nhiệt.



Hình 2.3: Nhiệt độ đóng băng của một số dung dịch các chất hữu cơ với nước theo nồng độ.

Bảng 2.1: Tính chất vật lý của glycol và glycerin

t °C	ρ kg/m ³	c_p kJ/(kg.K)	$\gamma \cdot 10^6$ m ² /s	λ W/(m.K)	$a \cdot 10^7$ m ² /s	Pr
Glycol $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$						
0	1130,1	2,294	67,62	0,242	0,933	615,0
20	1116,1	2,382	19,17	0,249	0,938	204,0
40	1100,8	2,474	8,69	0,256	0,938	93,0
60	1087,1	2,562	4,75	0,260	0,931	51,0
80	1077,0	2,650	2,98	0,262	0,922	32,4
100	1057,9	2,742	2,03	0,263	0,908	22,4
Glycerin $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$						
0	1275,4	2,261	0,0831	0,283	0,983	84,7
10	1269,4	2,320	0,0300	0,284	0,964	31,0
20	1263,3	2,386	0,028	0,286	0,947	12,5
30	1257,4	5,445	0,0050	0,286	0,931	5,4
40	1251,3	2,512	0,0022	0,286	0,914	2,5
50	1244,3	2,583	0,0015	0,287	0,894	1,6

2.11.1 Các yêu cầu về nhiệt động.

- 1) Nhiệt độ đóng băng phụ thuộc vào nồng độ muối trong dung dịch. Nhiệt độ thấp nhất mà dung dịch đạt được khoảng $t_{db} \approx -50^{\circ}\text{C}$, nồng độ dung dịch khoảng $\xi \approx 58\%$ (Hình 2.3).
- 2) Nhiệt dung riêng lớn.
- 3) Độ nhớt vừa phải.

2.11.2 Các yêu cầu về hóa lý.

- 4) Không làm hỏng các sản phẩm cần làm lạnh.
- 5) Không ăn mòn kim loại của hệ thống lưu chuyển môi chất tải lạnh.
- 6) Bền vững hóa học trong giải nhiệt độ làm việc.
- 7) Gây cháy.
- 8) Gây nổ.

2.11.3 Các yêu cầu về sinh lý.

- 9) Không độc hại.

2.11.4 Các yêu cầu về kinh tế.

- 10) Dễ tiền, dễ tìm.

2.11.5 Các yêu cầu về môi trường.

- 11) Không gây ô nhiễm môi trường.

2.12 QUAN HỆ GIỮA MÔI CHẤT VÀ DẦU MÁY LẠNH.

Dầu bôi trơn chủ yếu chứa ở carte máy nén và tiếp xúc trực tiếp với môi chất lạnh, do vậy nó phải có tính chất hóa lý ổn định, không phản ứng hoá học với môi chất và không gây nên những hậu quả xấu khác.

Trong số các môi chất lạnh được sử dụng cũng có một số môi chất có tác dụng hóa học yếu với dầu bôi trơn, nhưng ở những điều kiện làm việc bình thường những phản ứng hóa học này xảy ra rất yếu và không gây hậu quả nghiêm trọng nếu dầu có chất lượng cao và hệ thống tương đối khô và sạch. Khi trong hệ thống có một lượng đáng kể không khí và ẩm thì thường sẽ dẫn đến những phản ứng hóa học của chất này với môi chất và dầu. Kết quả của sự tương tác hóa học này là gây nên tổn hao dầu, tạo thành các chất gây ăn mòn và cặn bẩn. Các quá trình này được tăng cường nếu nhiệt độ hơi nén ở đầu đẩy máy nén càng cao và cũng thường ảnh hưởng đến sự làm việc bình thường của cụm đĩa van hút đẩy, pittông, nắp xi lanh và ống đẩy, ...

Quan hệ của môi chất với dầu bôi trơn không giống nhau tùy theo đó là môi chất hoà tan dầu, không hoà tan hay hòa tan dầu hạn chế.

Mức độ hoà tan của môi chất trong dầu cần được xem xét kỹ khi chọn môi chất vì nó phải phù hợp với kết cấu máy nén và các thiết bị khác trong hệ thống truyền dẫn môi chất.

Môi chất lạnh hòa tan dầu trong các-te máy nén sẽ làm giảm độ nhớt của dầu và làm xấu khả năng bôi trơn nên phải chọn dầu có độ nhớt ban đầu cao hơn.

Dầu tuần hoàn cùng môi chất trong hệ thống còn làm giảm hệ số lạnh và công suất thiết bị vì nó làm giảm khả năng truyền nhiệt ở các thiết bị trao đổi nhiệt.

Việc hồi dầu về máy nén phụ thuộc vào 3 yếu tố: Mức độ hoà tan dầu của môi chất, kiểu thiết bị bay hơi và nhiệt độ sôi của môi chất. Với những môi chất hoà tan dầu, việc hồi dầu dễ dàng hơn nhiều so với các môi chất không hoà tan dầu. Chẳng hạn khi môi chất sử dụng là NH_3 , do nó nhẹ hơn dầu nên phần lớn tách khỏi môi chất lỏng và đọng lại ở các vị trí thấp nhất trong hệ thống. Vì vậy, ở các đáy bình chứa, thiết bị bay hơi, bình tách lỏng... có các bầu chứa dầu và dầu được xả định kỳ về máy nén. Trong các hệ thống lạnh có môi chất không cho phép hồi dầu hoàn toàn (môi chất không hay ít hòa tan dầu) hoặc ở các hệ thống dùng môi chất hoà tan dầu nhưng có nhiệt độ bay hơi thấp hơn -18°C người ta thường đặt bình tách dầu ở đầu đẩy của máy nén để thu hồi lại dầu không cho đi vào hệ thống.

2.13 LỰA CHỌN DẦU BÔI TRƠN MÁY LẠNH.

2.13.1 Độ nhớt và độ hòa tan của dầu trong các môi chất lạnh.

Khi chọn dầu bôi trơn cho máy nén lạnh phải căn cứ vào loại môi chất, nhiệt độ làm việc của hệ thống và loại máy nén.

Việc lựa chọn dầu bôi trơn thường theo giới thiệu của các hãng cung cấp dầu hay của các nhà chế tạo máy nén lạnh.

Bảng 2.2 trình bày các kiểu dầu thường dùng cùng tính chất nhớt và độ hòa tan của chúng với môi chất lạnh (H)CFC ở nhiệt độ thấp.

Các loại dầu nói chung rất ít hòa tan trong amôniac (R717).

Bảng 2.2: Các loại dầu máy lạnh.

Nhóm dầu	Kiểu dầu	Chỉ số độ nhớt			Độ hòa tan (H)CFC		
		Thấp	T.bình	Cao	Thấp	T.bình	Cao
M	Dầu khoáng	x	x		x	x	
A	Dầu tổng hợp trên cơ sở của alkyl benzen	x					x
MA	Hỗn hợp của M và A	x	x			x	x
P	Dầu tổng hợp trên cơ sở của polyalpha olêfin			x	x		
AP	Hỗn hợp của M và A			x		x	
MP	Hỗn hợp của M và A			x		x	
E	Dầu bôi trơn trên cơ sở của este tổng hợp			x	HFC x		HCFC x
G	Dầu bôi trơn trên cơ sở của polyglycol			x			x

2.13.2 Môi chất lạnh và các loại dầu thường dùng.

1) *Dầu khoáng*: ký hiệu M. Dầu khoáng được lọc từ dầu thô, dầu khoáng dùng thích hợp nhất trong các hệ thống lạnh và các loại dầu có cơ sở là Naphten.

Dầu khoáng có độ hòa tan tương đối thấp với (H)CFC ở nhiệt độ thấp

2) *Dầu tổng hợp A*: Đây thường là loại dầu tổng hợp thường được chiết từ khí thiên nhiên, nó có độ hòa tan cao với (H)CFC ở nhiệt độ bay hơi thấp, vì thế nó thường được dùng rất phù hợp cho các hệ thống lạnh (H)CFC.

Nói chung dầu dựa trên cơ sở Benzen Alkyl có độ ổn định nhiệt cao hơn dầu khoáng, vì thế nó cũng được dùng trong các hệ thống lạnh amôniac và giảm được nguy cơ các bon hóa.

3) *Dầu hỗn hợp MA*: Đó là hỗn hợp của dầu Benzen Alkyl và dầu khoáng, có độ ổn định cao hơn và ít bị sủi bọt trong máy nén hơn dầu khoáng.

4) *Dầu tổng hợp P*: là loại dầu tổng hợp trên cơ sở polyalphaolefin, có độ ổn định nhiệt hóa cao nên thường được dùng trong các máy nén làm việc ở nhiệt độ cao như bơm nhiệt. Loại dầu này rất phù hợp với các hệ thống lạnh môi chất amôniac vì nó rất bền vững khi trong hệ thống có không khí. Nó có nhiệt độ đông đặc thấp nên cũng rất phù hợp với hệ thống amôniac có nhiệt độ bay hơi thấp. Dầu tổng hợp P ít hòa tan môi chất trong các hệ thống lạnh (H)CFC ở nhiệt độ bay hơi thấp.

5) *Dầu hỗn hợp MP*: là hỗn hợp của dầu khoáng và dầu Polyalphaolefin. Nó rất phù hợp với hệ thống lạnh amôniac nhiệt độ thấp, ở đó dễ có không khí lọt vào hệ thống, nhưng dầu MP khó bị oxy hóa, lại có nhiệt độ đông đặc thấp.

6) *Dầu hỗn hợp AP*: là hỗn hợp của dầu tổng hợp benzen alkyl và polyalphaolefin, có tính hòa tan cao hơn với các môi chất (H) CFC so với dầu tổng hợp P, vì vậy nó được dùng thích hợp hơn dầu P trong các hệ thống có nhiệt độ bay hơi thấp.

Hơn nữa, dầu AP có điểm anilin thấp (một chỉ tiêu để đánh giá số lượng cacbon chưa no trong dầu và tính tương hợp của các loại dầu khi tiếp xúc với các gioăng, đệm cao su) nên ít có khả năng gây nên rò rỉ ở các gioăng, đệm cao su.

7) *Dầu tổng hợp E*: khác với các loại dầu M, A và P, dầu tổng hợp trên cơ sở este (E) hòa tan một phần trong các môi chất lạnh không chứa clo HFC, như R134a vì thế nó được sử dụng trong các hệ thống lạnh R134a, nó cũng có thể được sử dụng trong các hệ thống H(CFC).

Đây cũng là loại dầu hấp thụ nước nếu để ra ngoài không khí vì vậy nó cần được bảo quản trong các bình kín và phải thải hết khí ra khỏi máy nén trước khi nạp dầu.

8) *Dầu tổng hợp G*: đây là loại dầu tổng hợp trên cơ sở của polyglycol, được chiết từ khí thiên nhiên êtan và prôpan. Các loại dầu này chỉ có thể dùng trong các hệ thống lạnh có môi chất gốc dầu thô LPG như propan, butan, izobutan

2.14 BẢNG CHỌN DẦU BÔI TRƠN MÁY LẠNH.

2.14.1 Tiêu chuẩn quốc tế về dầu máy lạnh.

1) *Khối lượng riêng*: Chỉ tiêu khối lượng riêng rất có ý nghĩa khi chọn một loại dầu bôi trơn. Dầu có khối lượng riêng lớn hơn của môi chất không hòa tan dầu sẽ đọng lại ở các phần thấp nhất trong hệ thống. Khối lượng riêng của các loại dầu cũng không giống nhau: Dầu benzen alkyl nhẹ hơn và dầu polyglycol nặng hơn dầu khoáng. Dầu khoáng có hàm lượng parafin lớn hơn sẽ có khối lượng riêng thấp hơn dầu naphten.

2) *Độ nhớt*: Theo tiêu chuẩn quốc tế (ISO), các loại dầu bôi trơn được phân theo các nhóm, tùy theo độ nhớt và được kí hiệu bằng số ISO VG (ISO VG No.) Tương ứng với một ISO VG No., độ nhớt của dầu (tính bằng cSt - Centistôc) ở +40°C sẽ nằm giữa hai giá trị cho trong bảng 2.3; chẳng hạn ở +40°C độ nhớt của dầu ISO VG 68 sẽ ở giữa 61,2 và 74,8 cSt.

Bảng 2.3: Tiêu chuẩn quốc tế về độ nhớt của dầu.

ISO VG No.	Khoảng độ nhớt động ở +40°C (cSt)
15	13,5 ÷ 16,5
22	19,8 ÷ 24,2
32	28,8 ÷ 35,2
46	41,4 ÷ 50,6
68	61,2 ÷ 74,8
100	90,0 ÷ 110,0
150	135,0 ÷ 165,0
220	198,0 ÷ 242,0
320	288,0 ÷ 352,0
460	414,0 ÷ 506,0

3) *Chỉ số độ nhớt*: Chỉ số độ nhớt _ kí hiệu VI là một thuật ngữ kỹ thuật để chỉ sự biến đổi độ nhớt của dầu khi nhiệt độ thay đổi. Chỉ số độ nhớt, theo ISO, chỉ ra rằng một VI cao biểu thị sự thay đổi của độ nhớt dưới tác dụng của nhiệt độ ít hơn so với VI thấp hơn.

4) *Điểm bắt lửa*: là nhiệt độ mà hơi dầu từ một thùng chứa hở, bị gia nhiệt có thể bốc cháy khi đưa ngọn lửa vào. Nó dùng để xác định tính ổn định của dầu ở nhiệt độ cao.

Dầu có điểm bắt lửa cao sẽ có áp suất hơi thấp và dễ tách ra khỏi hơi thải trong bình tách dầu do đó giảm được lượng dầu cuốn theo từ máy nén vào hệ thống. Các loại dầu như vậy có thể được dùng rất thích hợp trong các hệ thống amôniac.

5) *Điểm lưu động*: là nhiệt độ mà dầu đặc quánh lại và không chuyển động trong vòng 5 giây khi đặt nằm bình chứa dầu lạnh này.

Theo tiêu chuẩn thì nhiệt độ điểm lưu động thấp hơn nhiệt độ đo được 3°C.

Điểm lưu động rất có ý nghĩa với các loại dầu sử dụng cho hệ thống lạnh amôniac vì dầu có nhiệt độ lưu động thấp dễ tháo ra khỏi hệ thống phía áp lực thấp. Thông thường, có thể sử dụng dầu ở nhiệt độ bay hơi của hệ thống thấp hơn nhiệt độ lưu động mà không gây nên những hậu quả xấu.

Để giảm lượng dầu bị cuốn đi từ máy nén trong hệ thống amôniac có nhiệt độ bay hơi thấp hơn -40°C nên có các bình phân ly dầu hiệu quả cao hoặc dùng các dầu P hoặc AP.

6) *Điểm vẩn đục (điểm floc)*: là nhiệt độ mà khi hỗn hợp R12 với 10% dầu thì nó trở nên vẩn đục do tạo thành các phần tử sáp bị phân ly từ dầu khi bị làm lạnh.

Đối với các loại dầu E điểm vẩn đục được đo khi hỗn hợp 10% dầu với 90% R134a như chỉ dẫn của hãng cung cấp dầu. Đối với những loại môi chất HFC mới chưa có phương pháp tiêu chuẩn để xác định nhiệt độ này.

Điểm vẩn đục có vai trò đặc biệt quan trọng khi chọn dầu cho các hệ thống lạnh có môi chất hòa tan dầu như các hệ thống (H)CFC.

Dầu có điểm vẩn đục thấp tức là nó có hàm lượng sáp nhỏ và do đó rất phù hợp với các hệ thống lạnh môi chất (H)CFC làm việc với nhiệt độ bay hơi thấp.

Khi hàm lượng sáp trong dầu bị phân ly sẽ hạn chế được những bất lợi xảy ra với van tiết lưu và van điều chỉnh.

7) *Số chỉ màu*: là thuật ngữ chỉ độ trong sáng của dầu khi so sánh với kính màu: 0,5 là màu sáng nhất và 0,8 là màu tối nhất. Chữ “L” đứng trước số chỉ màu để biểu thị rằng dầu hơi sáng hơn màu chỉ thị.

Các dầu máy lạnh thường có màu rất sáng.

8) *Điểm anilin*: là nhiệt độ (đo bằng °C) mà dầu trở nên một hỗn hợp trong suốt với anilin nguyên chất. Nó biểu thị số lượng cacbon chưa no có trong dầu và rất có ý nghĩa khi xác định độ tương hợp của dầu khi tiếp xúc với những loại cao su khác nhau.

Đa số dầu máy lạnh có điểm anilin rất thấp và ít có khả năng phân hủy các gioăng đệm cao su, trừ các loại dầu P.

9) *Độ trung hòa*: biểu thị hàm lượng axit có trong dầu và được đo bằng hàm lượng hydroxit kali có trong dầu: mg KOH/1 g dầu thí nghiệm.

Nói chung dầu máy lạnh được lọc kỹ nên có độ trung hòa thấp.

2.13.2 Bảng dầu máy lạnh.

Trong các bảng chọn dầu máy lạnh trình bày trong phần này, tính chất các loại dầu được giới thiệu theo các đặc tính nói trên phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế ISO.

Khi lựa chọn dầu phù hợp với các kiểu máy nén (máy nén piston, máy nén trục vít) và môi chất lạnh sử dụng, có thể dùng các bảng 9 và 10 phần phụ lục. Trong đó trình bày rõ khả năng phù hợp của từng loại dầu với môi chất amôniac, với môi chất (H)CFC chỉ trình bày giới hạn nhiệt độ bay hơi cho phép làm việc với từng loại dầu. Cột “số hiệu”, chữ đầu tiên ký hiệu loại dầu, còn số tiếp theo chỉ số tiêu chuẩn quốc tế về dầu máy lạnh ISO VG.

CHƯƠNG 3 MÁY LẠNH 1 CẤP

3.1 PHÂN LOẠI MÁY LẠNH:

3.1.1 Phân loại máy lạnh theo quá trình biến đổi vật lý của môi chất.

- 1) Máy lạnh sử dụng môi chất có biến đổi pha trong chu trình làm việc: môi chất từ pha hơi chuyển sang pha lỏng và ngược lại như máy lạnh nén hơi, máy lạnh ejector, máy lạnh hấp thụ.
- 2) Máy lạnh sử dụng môi chất là không khí, không khí khi dẫn nở sinh ngoại công có ích như các máy lạnh cryo.
- 3) Máy lạnh sử dụng môi chất là không khí, không khí khi dẫn nở không sinh ngoại công có ích như các ống xoáy.
- 4) Máy lạnh sử dụng hiệu ứng Peltier: không có môi chất.

3.1.2 Phân loại máy lạnh theo dạng năng lượng cấp cho chu trình.

- 1) Máy lạnh sử dụng cơ năng như các máy nén lạnh (máy nén piston, máy nén ly tâm, máy nén roto, máy nén trục vít)
- 2) Máy lạnh sử dụng nhiệt năng như máy lạnh ejector, máy lạnh hấp thụ, máy lạnh có máy nén hoạt động nhờ turbine hơi nước hoặc động cơ đốt trong.
- 3) Máy lạnh sử dụng trực tiếp điện năng như máy lạnh sử dụng hiệu ứng Peltier, máy lạnh dùng từ trường.

3.1.3 Phân loại máy lạnh theo năng suất lạnh.

- 1) Máy lạnh công suất nhỏ: năng suất lạnh $Q_0 \leq 15\text{kW}$.
- 2) Máy lạnh công suất vừa: năng suất lạnh $15\text{kW} < Q_0 \leq 120\text{kW}$.
- 3) Máy lạnh công suất lớn: năng suất lạnh $Q_0 > 120\text{kW}$.

3.1.4 Phân loại máy lạnh theo nhiệt độ làm lạnh.

- 1) Máy lạnh cryo: $T \leq 120\text{K}$.
- 2) Máy lạnh thông thường: $T > 120\text{K}$.
 - Máy lạnh nhiệt độ thấp: $t_0 \leq -30^\circ\text{C}$;
 - Máy lạnh nhiệt độ trung bình: $t_0 = -30 \div -10^\circ\text{C}$;
 - Máy lạnh nhiệt độ cao: $t_0 = -10 \div +20^\circ\text{C}$;

3.1.5 Phân loại máy lạnh theo chu trình nhiệt động.

- 1) Máy lạnh 1 cấp.
- 2) Máy lạnh 2 cấp.
- 3) Máy lạnh nhiều cấp.
- 4) Máy lạnh ghép tầng.

3.1.6 Phân loại máy lạnh theo tính năng sử dụng.

- 1) Máy lạnh chuyên dụng.
- 2) Máy lạnh đa dụng.

3.1.7 Phân loại máy lạnh theo môi chất lạnh sử dụng.

- 1) Máy lạnh amôniac.
- 2) Máy lạnh freon.
- 3) Máy lạnh propan.
- 4) Máy lạnh etan.

- 5) Máy lạnh không khí.
- 6) Máy lạnh hơi nước.
- 7) Máy lạnh hấp thụ nước - amoniắc.
- 8) Máy lạnh hấp thụ nước - bromua liti.

Ngày nay đa số các máy lạnh sử dụng máy nén hơi, dựa theo dạng máy nén người ta chia ra:

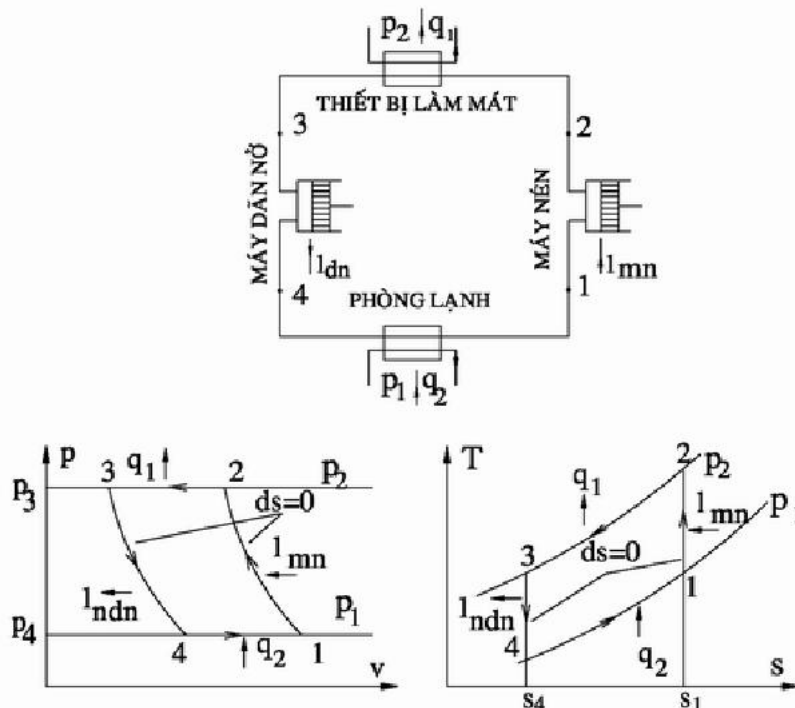
- 1) Máy nén pittông - Piston Compressor.
- 2) Máy nén rôto - Rotor Compressor.
- 3) Máy nén trục vít - Screw Compressor.
- 4) Máy nén ly tâm - Centrifugal Compressor.
- 5) Máy nén cánh xoắn - Scroll Compressor

3.2 MÁY LẠNH 1 CẤP DÙNG MÔI CHẤT LÀ KHÔNG KHÍ.

Máy lạnh không khí là máy lạnh được sử dụng lâu đời nhất, ngày nay do có các môi chất lạnh hoàn thiện hơn không khí nên trong các máy lạnh thông thường người ta ít dùng máy lạnh không khí nữa.

3.2.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.

Chu trình lý thuyết (Hình 3.1): Máy nén hút không khí lạnh ở áp suất p_1 ứng với thông số trạng thái 1 nén đoạn nhiệt, đẳng entropy đến p_2 thành không khí nóng ứng với thông số trạng thái 2, sử dụng ngoại công l_{mn} . Với thông số trạng thái 2, không khí nóng đi vào thiết bị làm mát, nhả nhiệt lượng q_1 và được làm mát đẳng áp $p_2 = \text{const}$ đến thông số trạng thái 3. Với thông số trạng thái 3 không khí mát đi đến máy dẫn nở và dẫn nở đẳng entropy từ p_2 xuống p_1 thành không khí lạnh ứng với thông số trạng thái 4, sinh ngoại công có ích l_{ndn} . Không khí lạnh với thông số trạng thái 4 đi vào phòng lạnh nhận nhiệt q_2 đẳng áp p_1 đến thông số trạng thái 1 và quay trở về máy nén. Chu trình cứ thế tiếp diễn.



Hình 3.1: Máy lạnh 1 cấp dùng môi chất là không khí.

1-2: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy. 2-3: quá trình nhả nhiệt đẳng áp. 3-4: quá trình dẫn nở đoạn nhiệt, đẳng entropy. 4-1: quá trình nhận nhiệt đẳng áp.

3.2.2 Tính toán các thông số của chu trình.

- 1) Công nén l_{mn} : do $dq = 0$ từ định luật 1 nhiệt động học $dq = dh - vdp$ ta có $dl_{mn} = -vdp = -dh$
Thông thường người ta sử dụng công đương nên ta có:

$$l_{mn} = \int_{p_1}^{p_2} vdp = dt(p_4 4123 p_3 p_4) \text{ trên đồ thị } p-v.$$

$$\text{hoặc: } l_{mn} = \int_{h_1}^{h_2} dh = h_2 - h_1;$$

nếu coi không khí là khí lý tưởng ta có $l_{mn} = c_p \cdot (T_2 - T_1)$.

- 2) Nhiệt lượng thải ra ở thiết bị làm mát: $dp=0$.

$$dq_2 = T \cdot ds \Rightarrow q_2 = \int_{s_2}^{s_3} T \cdot ds = dt(s_1 1234 s_4 s_1); \text{ trên đồ thị } T-s.$$

nếu coi không khí là khí lý tưởng ta có $q_2 = c_p \cdot (T_2 - T_3)$

- 3) Công dẫn nở kỹ thuật:

$$l_{mdn} = \int_{p_1}^{p_2} vdp = dt(p_4 43 p_3 p_4) \text{ trên đồ thị } p-v.$$

nếu coi không khí là khí lý tưởng ta có $l_{mdn} = c_p \cdot (T_3 - T_4)$.

- 4) Nhiệt lượng nhận được ở phòng lạnh: $dp = 0$.

$Q_2 = c_p \cdot (T_1 - T_4) = dt(s_1 14 s_4 s_1)$ trên đồ thị $T-s$.

- 5) Công cấp cho chu trình:

$$l = l_{mn} - l_{mdn} = c_p \cdot (T_2 - T_1) - c_p \cdot (T_3 - T_4) = c_p \cdot (T_2 - T_3) - c_p \cdot (T_4 - T_1) = q_1 - q_2 = dt(12341) \text{ trên cả 2 đồ thị } T-s \text{ \& } p-v.$$

- 6) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = \frac{q_2}{l}$;

$$\varepsilon = \frac{c_p \cdot (T_1 - T_4)}{c_p \cdot (T_2 - T_1) - c_p \cdot (T_3 - T_4)} = \frac{(T_1 - T_4)}{T_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) - T_4 \cdot \left(\frac{T_3}{T_4} - 1 \right)};$$

$$\text{quá trình 1-2 và 3-4 là đoạn nhiệt nên ta có: } \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = \frac{T_3}{T_4}.$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{T_1 - T_4}{(T_1 - T_4) \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)} = \frac{1}{\frac{T_2}{T_1} - 1} = \frac{T_1}{T_2 - T_1}.$$

3.2.3 So sánh với chu trình Carnot.

Chu trình Carnot được thực hiện bởi 2 đường đẳng nhiệt T_2 và T_3 . Do đó hệ số làm lạnh ε_c cho chu trình Carnot bằng:

$$\varepsilon_c = \frac{T_1}{T_3 - T_1} > \frac{T_1}{T_2 - T_1} = \varepsilon.$$

3.2.4 Các nhận xét.

- 1) Do nhiệt dung riêng của không khí nhỏ ($c_p = 1,007 \text{ kJ/kg.K}$ so với nhiệt ẩn hóa hơi môi chất lạnh như R22, R717) nên thể tích không khí tuần hoàn lớn, do đó kích thước các thiết bị máy

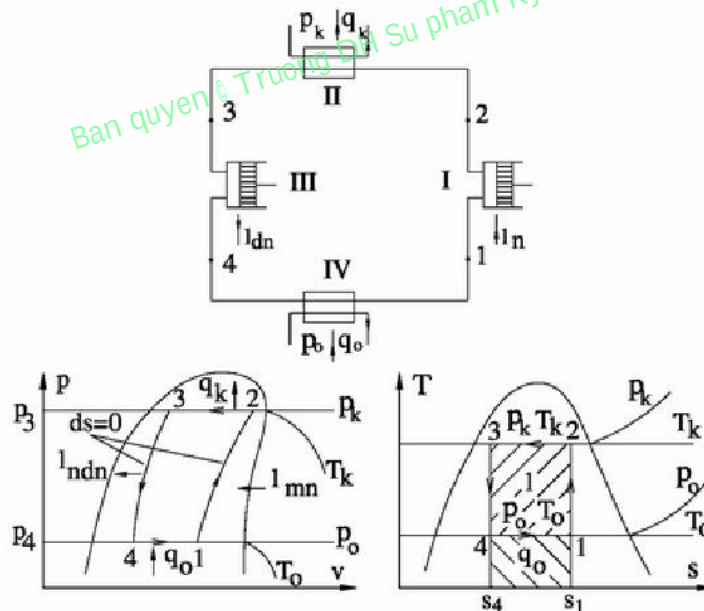
lạnh không khí lớn.

- 2) Do nhiệt tỏa của không khí nhỏ (chừng $23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$) so với nhiệt tỏa của các môi chất lạnh khi ngưng tụ hoặc khi sôi – nhiều ngàn W/m^2) nên kích thước các thiết bị trao đổi nhiệt lớn: thiết bị làm mát, thiết bị làm lạnh.
- 3) Hệ số làm lạnh nhỏ hơn nhiều các môi chất lạnh thông dụng (Chu trình lý thuyết: máy lạnh không khí có $\varepsilon \approx 1.6$; máy lạnh thông thường $\varepsilon \approx 4$). Các máy lạnh thông thường ngày nay rất ít dùng không khí. Chỉ còn máy lạnh hiệu ứng ống xoáy. Trong lạnh cryo thì môi chất nhất định là không khí do lạnh cryo chính là lạnh hóa lỏng không khí.

3.3 MÁY LẠNH 1 CẤP LÀM VIỆC VÙNG 2 PHA DÙNG MÁY DẪN NỞ.

3.3.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.

Chu trình lý thuyết (Hình 3.2): hơi bão hòa ẩm hạ áp với thông số trạng thái 1 (T_o, p_o) được hút vào máy nén I, nén đoạn nhiệt, đẳng entropy, đưa áp suất và nhiệt độ môi chất lên p_k, T_k ứng với thông số trạng thái 2, tiêu tốn ngoại công l_{mn} . Với thông số trạng thái 2 môi chất đi vào thiết bị ngưng tụ II, và được ngưng tụ đẳng nhiệt, đẳng áp theo quá trình 2-3, nhả nhiệt lượng q_k . Với thông số trạng thái 3 môi chất đi vào máy dẫn nở III, dẫn nở đoạn nhiệt, đẳng entropy theo quá trình 3-4, sinh ngoại công l_{mdn} . Với thông số trạng thái 4 môi chất đi vào thiết bị bay hơi, nhận nhiệt lượng q_o đẳng áp, đẳng nhiệt theo quá trình 4-1. Môi chất với thông số trạng thái 1 đi vào máy nén. Chu trình cứ thế tiếp diễn.



Hình 3.2: Máy lạnh làm việc vùng 2 pha.

I - Máy nén; II - Thiết bị ngưng tụ; III - Máy dẫn nở; IV - Thiết bị bay hơi..

1-2: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy; 2-3: quá trình ngưng tụ đẳng áp; 3-4: quá trình dẫn nở đẳng entropy; 4-1: quá trình bay hơi đẳng áp;

3.3.2 Tính toán các thông số của chu trình.

- 1) Công nén: $l_{mn} = h_2 - h_1$.
- 2) Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_2 - h_3 = dt(s_1 1234 s_4 s_1)$ trên đồ thị T-s.
- 3) Công dẫn nở: $l_{mdn} = h_3 - h_4$.
- 4) Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_o = h_1 - h_4 = dt(s_1 14 s_4 s_1)$ trên đồ thị T-s.
- 5) Công cấp cho chu trình: $l = l_{mn} - l_{mdn} = q_k - q_o = dt(12341)$ trên đồ thị T-s.

$$6) \text{ Hệ số làm lạnh: } \varepsilon = \frac{q_o}{1} = \frac{h_1 - h_4}{(h_2 - h_3) - (h_1 - h_4)}$$

3.3.3 So sánh với chu trình Carnot.

Chu trình được thực hiện bởi 2 đường đẳng nhiệt và 2 đường đẳng entropy. Thực tế các chu trình nhà nhiệt, nhận nhiệt đều có độ chênh nhiệt độ (nhiệt độ nguồn nóng nhỏ hơn T_k ; nhiệt độ nguồn lạnh lớn hơn T_o). Các quá trình là không thuận nghịch: $s_2 > s_1$; $s_3 > s_4$). Do đó chu trình thực vẫn có hệ số làm lạnh nhỏ hơn hệ số làm lạnh của chu trình Carnot.

3.3.4 Các nhận xét:

Chu trình máy lạnh này là lý tưởng song hiện nay không thực hiện được do các trở ngại kỹ thuật:

- 1) Đối với máy nén khí làm việc ở vùng 2 pha khi nén lên áp suất cao, nhiệt độ lớn, các hạt lỏng môi chất nhận nhiệt hóa hơi đột ngột, làm áp suất tăng dạng xung gây thủy kích máy nén, phá hỏng máy nén nhanh chóng. Do đó các máy nén thực làm việc ở vùng hơi bão hòa khô và quá nhiệt.
- 2) Các chất lỏng thực tế coi như không chịu nén. Do đó công dẫn nở thu được không đáng kể. Mặt khác máy dẫn nở làm việc vùng 2 pha có độ ẩm cao cũng bị hỏng nhanh chóng. Chế tạo máy dẫn nở làm việc vùng 2 pha rất tốn kém. Do đó các máy lạnh thông thường không dùng máy dẫn nở mà chỉ dùng van tiết lưu. Các máy lạnh cryo hóa lỏng không khí bắt buộc phải sử dụng máy dẫn nở để khởi động hệ thống và bù tổn thất nhiệt, song cũng chỉ làm việc ở vùng có độ khô tương đối lớn ($x \geq 0,5 \div 0,7$).

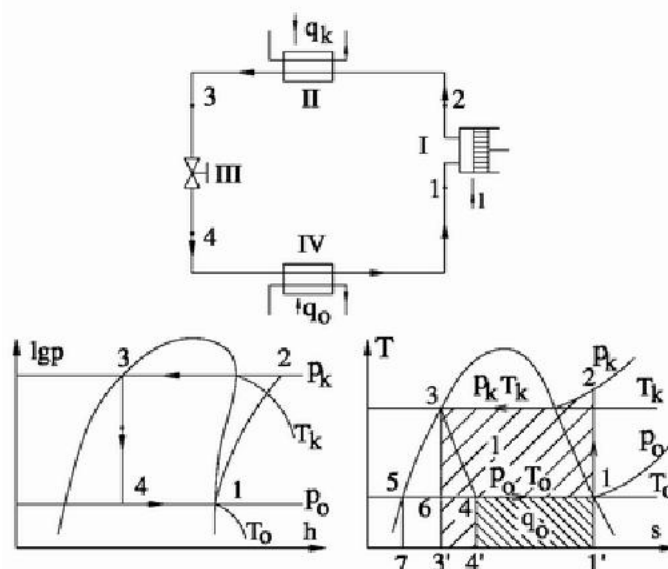
3.4 MÁY LẠNH 1 CẤP THỰC HIỆN HÀNH TRÌNH KHÔ DÙNG VAN TIẾT LƯU.

Hành trình ẩm là hành trình nén của máy nén hút hơi bão hòa ẩm.

Hành trình khô là hành trình nén của máy nén hút hơi bão hòa khô hay hơi quá nhiệt.

Để tránh cho máy nén làm việc vùng 2 pha ta cho máy nén chạy hành trình khô.

3.4.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.



Hình 3.3: Máy lạnh 1 cấp dùng van tiết lưu.

I-Máy nén; II-Thiết bị ngưng tụ; III-Van tiết lưu; IV-Thiết bị bay hơi.

1-2: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén I; 2-3: quá trình ngưng tụ đẳng áp ở thiết bị ngưng tụ II; 3-4: quá trình tiết lưu đẳng enthalpy ở van tiết lưu III; 4-1: quá trình bay hơi đẳng áp ở thiết bị bay hơi IV;

Chu trình lý thuyết (Hình 3.3): hơi bão hòa khô từ thiết bị bay hơi IV đi đến máy nén, nén đoạn nhiệt, đẳng entropy theo quá trình 1-2 trở thành hơi quá nhiệt cao áp, tiêu tốn ngoại công l . Môi chất với thông số trạng thái 2 đi vào thiết bị ngưng tụ II, ngưng tụ đẳng áp theo quá trình 2-3, nhả nhiệt q_k thành lỏng hoàn toàn (lỏng bão hòa khô với thông số trạng thái 3). Lỏng cao áp với thông số trạng thái 3 đi đến van tiết lưu III và tiết lưu đẳng enthalpy thành hơi bão hòa ẩm hạ áp với thông số trạng thái 4. Với thông số trạng thái 4 môi chất đi vào cụm thiết bị bay hơi IV và bình tách lỏng V nhận nhiệt q_0 đẳng áp, đẳng nhiệt đến thông số trạng thái 1 rồi quay trở về máy nén I. Cứ thế chu trình tiếp diễn.

3.4.2 Tính toán các thông số của chu trình.

- 1) Công nén: $l = h_2 - h_1$.
- 2) Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_2 - h_3 = dt(1'12533'1')$ trên đồ thị T-s.
- 3) Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_0 = h_1 - h_4 = dt(1'144'1')$ trên đồ thị T-s.
- 4) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = \frac{q_0}{l} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$.

3.4.3 So sánh với chu trình Carnot.

Hệ số làm lạnh ε nhỏ hơn chu trình Carnot song máy nén chạy hành trình khô.

3.4.4 Các nhận xét.

- 1) Máy lạnh chạy hành trình khô nên năng suất lạnh riêng q_0 đạt giá trị cực đại do điểm 1 nằm trên đường có độ khô $x=1$.
- 2) Biểu diễn công trên đồ thị T-s:

$$l = q_k - q_0 = dt(1233'4'41) = dt(123541)$$

Chứng minh: ta phải chứng minh $dt(365) = dt(644'3')$.

Các chất lỏng thực tế xem như không chịu nén. Do đó có thể coi mọi đường đẳng áp ở phần lỏng là trùng nhau và trùng với đường độ ẩm $y=1$. Từ đó ta có thể xem quá trình 35 là quá trình đẳng áp với $p_k = \text{const}$, nhiệt lượng nhả ra ở quá trình 35 là:

$$h_3 - h_5 = dt(33'753) = dt(365) + dt(563'7).$$

Quá trình 45 là quá trình đẳng áp $p_0 = \text{const}$, nhiệt lượng nhả ra ở quá trình 45 là:

$$h_4 - h_5 = dt(544'7) = dt(644'3') + dt(563'7).$$

Quá trình 3-4 là quá trình tiết lưu nên:

$$h_3 = h_4.$$

Do đó:

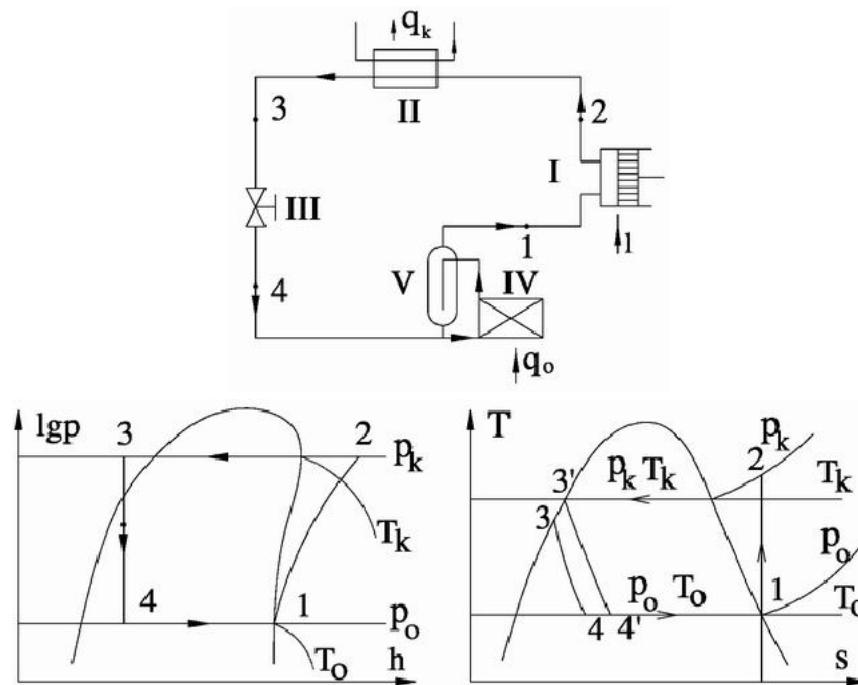
$$h_3 - h_5 = dt(365) + dt(563'7) = h_4 - h_5 = dt(644'3') + dt(563'7).$$

Ta có: $dt(365) = dt(644'3')$ là điều phải chứng minh.

- 3) Các máy lạnh thực tế khi làm việc theo chế độ tính toán thiết kế thông số trạng thái điểm bắt đầu nén đều là hơi quá nhiệt do môi chất trao đổi nhiệt trên đường ống từ thiết bị bay hơi về máy nén với môi trường xung quanh, do môi chất tiếp xúc với các chi tiết có nhiệt độ cao trong buồng nén của xy lanh máy nén.
- 4) Có 2 phương pháp chính chạy hành trình khô là dùng bình tách lỏng và dùng thiết bị hồi nhiệt.

3.5 MÁY LẠNH 1 CẤP THỰC HIỆN HÀNH TRÌNH KHÔ DÙNG BÌNH TÁCH LỎNG.

3.5.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.



Hình 3.4: Máy lạnh 1 cấp dùng thiết bị tách lỏng.

I-Máy nén; II-Thiết bị ngưng tụ; III-Van tiết lưu; IV-Thiết bị bay hơi; V-Bình tách lỏng.

1-2: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén I; 2-3: quá trình ngưng tụ đẳng áp ở thiết bị ngưng tụ II; 3-4: quá trình tiết lưu đẳng enthalpy ở van tiết lưu III; 4-1: quá trình bay hơi đẳng áp ở thiết bị bay hơi IV;

Chu trình lý thuyết (Hình 3.4): hơi bão hòa ẩm từ thiết bị bay hơi IV đi vào bình tách lỏng V, ở bình tách lỏng các giọt lỏng bão hòa với thông số trạng thái 6 được tách ra khỏi môi chất rồi quay trở về thiết bị bay hơi. Hơi môi chất ra khỏi bình tách lỏng là hơi bão hòa khô với thông số trạng thái 1 được đưa đến máy nén, nén đoạn nhiệt, đẳng entropy theo quá trình 1-2 trở thành hơi quá nhiệt cao áp, tiêu tốn ngoại công l . Môi chất với thông số trạng thái 2 môi chất đi vào thiết bị ngưng tụ II, ngưng tụ đẳng áp theo quá trình 2-3, nhả nhiệt q_k thành lỏng hoàn toàn (lỏng bão hòa khô với thông số trạng thái 3', lỏng quá lạnh với thông số trạng thái 3). Lỏng cao áp với thông số trạng thái 3 đi đến van tiết lưu III và tiết lưu đẳng enthalpy thành hơi bão hòa ẩm hạ áp với thông số trạng thái 4. Với thông số trạng thái 4 môi chất đi vào cụm thiết bị bay hơi IV và bình tách lỏng V nhận nhiệt q_o đẳng áp, đẳng nhiệt đến thông số trạng thái 1 rồi quay trở về máy nén I. Cứ thế chu trình tiếp diễn.

3.5.2 Tính toán các thông số của chu trình.

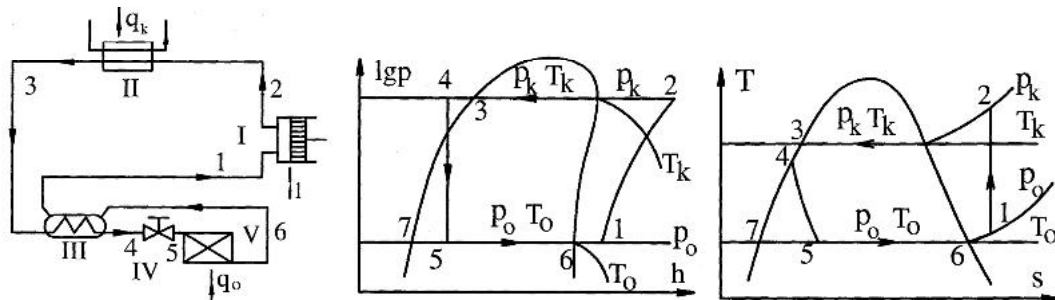
- 1) Công nén: $l = h_2 - h_1$.
- 2) Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_2 - h_3$.
- 3) Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_o = h_1 - h_4$.
- 4) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = \frac{q_o}{l} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$.

3.5.3 Các nhận xét.

- 1) Chu trình máy lạnh có quá lạnh: $T_3 < T_{3'}$ ($T_{qf} = T_3 - T_{3'}$; nếu $T_k = \text{const}$ mà ta có thể quá lạnh thì công nén không thay đổi mà năng suất lạnh q_o tăng lên so với chu trình không có quá lạnh một lượng $\Delta q_{qf} = h_{3'} - h_3$. Tuy nhiên phải thêm thiết bị quá lạnh.
- 2) Máy lạnh amônias 1 cấp làm việc theo chu trình này. Máy lạnh freon do trở lực dàn bay hơi cao nên nếu có bình tách lỏng thì không có đường xả lỏng về dàn bay hơi, lỏng gom lại bình tách lỏng sẽ bay hơi do nhận nhiệt từ môi trường xung quanh.

3.6 MÁY LẠNH 1 CẤP THỰC HIỆN HÀNH TRÌNH KHÔ DÙNG THIẾT BỊ HỒI NHIỆT.

3.6.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.



Hình 3.5: Máy lạnh 1 cấp thực hiện hành trình khô dùng thiết bị hồi nhiệt.

I-Máy nén; II-Thiết bị ngưng tụ; III- Thiết bị hồi nhiệt; IV-Van tiết lưu; V-Thiết bị bay hơi.
1-2: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén I; 2-3: quá trình ngưng tụ đẳng áp ở thiết bị ngưng tụ II; 3-4: quá trình quá lạnh ở thiết bị hồi nhiệt III; 4-5: quá trình tiết lưu đẳng enthalpy ở van tiết lưu IV; 5-6: quá trình bay hơi đẳng áp ở thiết bị bay hơi V; 6-1; quá trình quá nhiệt ở thiết bị hồi nhiệt III.

3.6.2 Tính toán các thông số của chu trình.

- 1) Công cấp cho chu trình: $l = h_2 - h_1$.
- 2) Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_2 - h_3$.
- 3) Nhiệt lượng trao đổi ở thiết bị hồi nhiệt: $q_{hn} = h_3 - h_4 = h_1 - h_6$
- 4) Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_o = h_6 - h_5$.
- 5) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = \frac{q_o}{l} = \frac{h_6 - h_5}{h_2 - h_1}$.

3.6.3 Các nhận xét.

- 1) Khi nào dùng thiết bị hồi nhiệt? So sánh chu trình máy lạnh sử dụng thiết bị hồi nhiệt với chu trình sử dụng bình tách lỏng ta thấy chu trình sử dụng thiết bị hồi nhiệt được thêm một lượng lạnh:

$$\Delta q_o^{hn} = q_o^{hn} - q_o = (h_6 - h_5) - (h_6 - h_9) = h_9 - h_5 = dt(5 - 9 - 10 - 11 - 5).$$

Tồn thêm một lượng công:

$$\Delta l_{hn} = l_{hn} - l = (h_2 - h_1) - (h_8 - h_6) = (h_2 - h_8) - (h_1 - h_6) = dt(12861).$$

Về mặt thiết bị tồn thêm thiết bị hồi nhiệt.

Chu trình hồi nhiệt chỉ được sử dụng nếu hệ số làm lạnh ε_{hn} cao hơn hệ số làm lạnh ε khi không có hồi nhiệt:

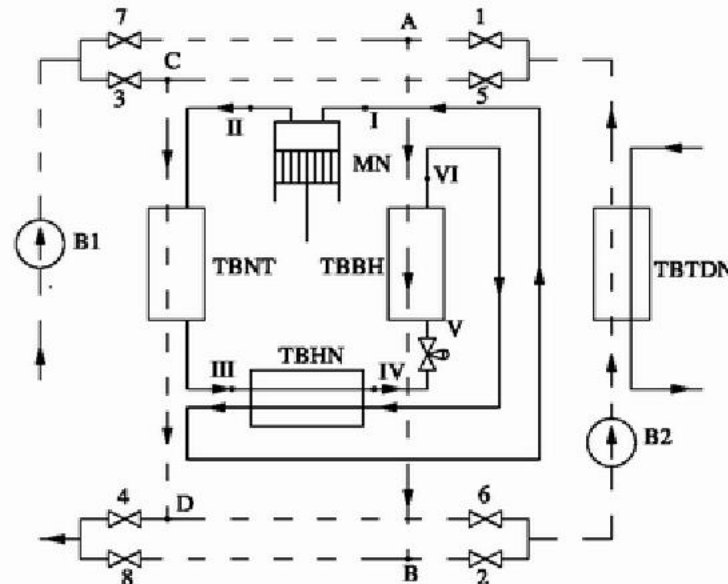
$$\varepsilon_{hn} > \varepsilon \Rightarrow \frac{q_o + \Delta q_o^{hn}}{l + \Delta l_{hn}} > \frac{q_o}{l} \Leftrightarrow \frac{\Delta q_o^{hn}}{q_o} > \frac{\Delta l_{hn}}{l}.$$

- 2) Đối với các môi chất lạnh thực tế thông dụng là NH_3 , freon thì khi sử dụng chu trình hồi nhiệt đối với NH_3 ta có: $\varepsilon_{hn}^{NH_3} < \varepsilon_{khn}^{NH_3}$; do đó chu trình máy lạnh NH_3 không dùng thiết bị hồi nhiệt. Đối với freon R12 và R134a ta có: $\varepsilon_{hn}^{freon} > \varepsilon_{khn}^{freon}$. Do đó chu trình máy lạnh freon R12 và R134a nên sử dụng thiết bị hồi nhiệt.

3.7 BƠM NHIỆT.

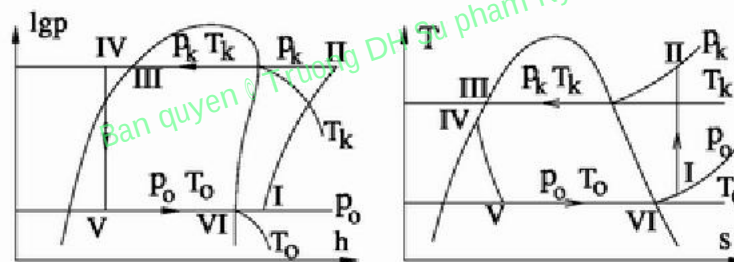
3.7.1 Bơm nhiệt công suất lớn.

3.7.1.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.



Hình 3.6: Bơm nhiệt công suất lớn.

Van 1-8: van chuyển chế độ cấp nhiệt và điều hòa không khí (cấp nhiệt 1-4 đóng, 5-8 mở); B1, B2: bơm nước 1 và 2; MN: máy nén; TBNT: thiết bị ngưng tụ; TBBH: thiết bị bay hơi; TBHN: thiết bị hồi nhiệt; TBTDN: thiết bị trao đổi nhiệt.



Hình 3.7: Đồ thị lgp-h và T-s

Chu trình lý thuyết: Hệ thống lạnh (Hình 3.6 và 3.7) làm việc như chu trình máy lạnh 1 cấp có hồi nhiệt. Hơi môi chất từ thiết bị bay hơi TBBH với thông số trạng thái VI đi vào thiết bị hồi nhiệt TBHN, tại đây hơi môi chất nhận nhiệt của môi chất lỏng cao áp, biến đổi theo quá trình VI-I thành hơi quá nhiệt và đi vào máy nén MN. Tại máy nén môi chất được nén đoạn nhiệt đẳng entropy theo quá trình I-II trở thành hơi quá nhiệt cao áp. Tiếp theo môi chất đi vào thiết bị ngưng tụ TBNT, nhả nhiệt q_k cho môi chất giải nhiệt và ngưng tụ đẳng áp theo quá trình II-III thành lỏng cao áp. Lỏng cao áp đi tới thiết bị hồi nhiệt TBHN, nhả nhiệt cho hơi môi chất hạ áp và được quá lạnh theo quá trình III-IV. Tiếp theo lỏng quá lạnh đi đến van tiết lưu, tiết lưu đoạn nhiệt đẳng enthalpy theo quá trình IV-V thành hơi bão hòa ẩm rồi đi vào thiết bị bay hơi TBBH. Tại thiết bị bay hơi môi chất nhận nhiệt q_0 của môi chất tải lạnh, bay hơi đẳng áp đẳng nhiệt theo quá trình V-VI. Môi chất với thông số trạng thái VI đi đến thiết bị hồi nhiệt TBHN. Chu trình cứ thế tiếp diễn.

Hệ thống cấp lạnh, cấp nhiệt cho phụ tải thiết bị trao đổi nhiệt TBTDN:

- Mùa hè: về mùa hè phụ tải cần làm lạnh, chế độ điều hòa không khí. Các van 1, 2, 3, 4 mở; các van 5, 6, 7, 8 đóng. Bơm B2 bơm nước lạnh qua thiết bị trao đổi nhiệt TBTDN, cấp lạnh cho phụ tải. Tiếp theo nước đi qua van 1, tới điểm A, qua thiết bị bay hơi TBBH nhả nhiệt q_0 cho môi chất lạnh. Sau đó đi qua điểm B, van 2 rồi quay về bơm B2. Bơm B1 hút nước từ sông, hồ tự nhiên bơm nước qua van 3, tới điểm C, vào thiết bị ngưng tụ TBNT; tại đây nước nhận nhiệt ngưng tụ q_k của môi chất lạnh, sau đó tới điểm D, van 4 rồi xả trở lại sông hồ.

Nếu là sông thì điểm xả phải ở dưới điểm hút vào bơm B1 theo dòng chảy. Nếu là hồ thì diện tích hồ phải đủ lớn để giải nhiệt mùa hè, cấp nhiệt về mùa đông; hai vị trí hút và xả xa nhau để khi tuần hoàn trở lại đầu hút nước đã có nhiệt độ tự nhiên.

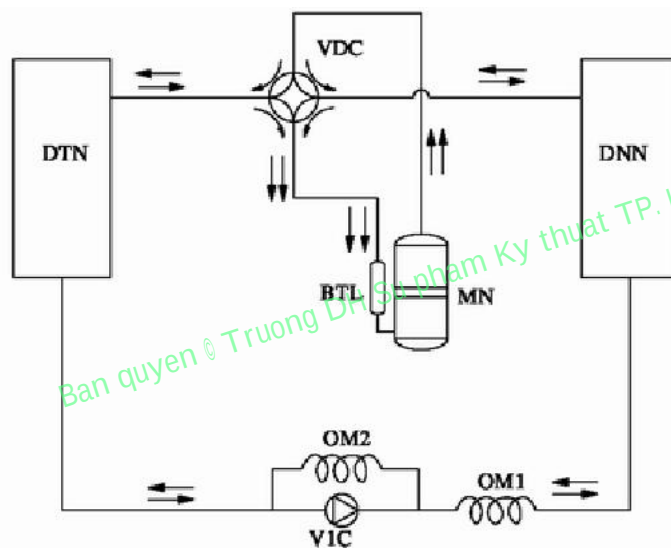
- Mùa đông: về mùa đông phụ tải cần cấp nhiệt, chế độ sưởi ấm. Các van 1, 2, 3, 4 đóng; các van 5, 6, 7, 8 mở. Bơm B2 bơm nước nóng qua thiết bị trao đổi nhiệt TBTĐN, cấp nhiệt cho phụ tải. Tiếp theo nước đi qua van 3, tới điểm C, qua thiết bị ngưng tụ TBNT nhận nhiệt q_k từ môi chất lạnh ngưng tụ. Sau đó đi qua điểm D, van 6 rồi quay về bơm B2. Bơm B1 hút nước từ sông, hồ tự nhiên bơm nước qua van 7, tới điểm A, vào thiết bị bay hơi TBBH; tại đây nước nhả nhiệt q_0 cho môi chất lạnh bay hơi, sau đó tới điểm B, van 8 rồi xả trở lại sông hồ.

3.7.1.2 Tính toán các thông số của chu trình.

Như chu trình có hồi nhiệt.

3.7.2 Bơm nhiệt công suất nhỏ (máy điều hòa không khí đảo chiều).

3.7.2.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.



Hình 3.8: Máy điều hòa không khí đảo chiều.

MN: máy nén; BTL: bình tách lỏng; DTN: dàn trong nhà; DNN: dàn ngoài nhà; VDC: van đảo chiều 4 ngã; VIC: van 1 chiều; OM1 và OM2: ống mao 1 và ống mao 2.

Nguyên lý làm việc (Hình 3.8):

Mùa hè: môi chất chuyển động theo chiều mũi tên liền nét. môi chất từ máy nén MN đến van đảo chiều 4 ngã VDC, tới dàn ngoài nhà DNN là thiết bị ngưng tụ, đi đến ống mao OM1, qua van một chiều VIC, tới dàn trong nhà DTN là thiết bị bay hơi, trở về van đảo chiều VDC, tới tách lỏng BTL rồi quay về máy nén MN.

Mùa đông: môi chất chuyển động theo chiều mũi tên đứt nét. môi chất từ máy nén MN đến van đảo chiều 4 ngã VDC, tới dàn trong nhà DTN là thiết bị ngưng tụ, đi đến ống mao OM2, qua ống mao OM1, tới dàn ngoài nhà DNN là thiết bị bay hơi, trở về van đảo chiều VDC, tới tách lỏng BTL rồi quay về máy nén MN.

3.7.2.2 Tính toán các thông số của chu trình.

Như chu trình có hồi nhiệt.

3.8 TÍNH TOÁN CHU TRÌNH MÁY LẠNH 1 CẤP.

3.8.1 Các đại lượng cho trước.

- Nhiệt độ của môi trường giải nhiệt (nước hoặc không khí): t_w .
- Nhiệt độ của sản phẩm cần làm lạnh, hoặc môi trường cần làm lạnh (lỏng hoặc khí): t_f .
- Năng suất lạnh cần đảm bảo Q_0 cho 1 giờ; quy đổi ra kJ/h.

3.8.2 Trình tự tính toán.

1) Tính nhiệt độ ngưng tụ t_k :

- Nếu môi trường giải nhiệt là không khí: $t_k = t_w + (10 \div 20)^\circ\text{C}$;
- Nếu môi trường giải nhiệt là nước: $t_k = t_w + (5 \div 8)^\circ\text{C}$;

2) Tính nhiệt độ bay hơi t_0 :

- Môi trường làm lạnh là không khí: $t_0 = t_f - (7 \div 10)^\circ\text{C}$;
- Môi trường làm lạnh là không khí cho điều hòa nhiệt độ: $t_0 = t_f - (12 \div 20)^\circ\text{C}$;
- Môi trường làm lạnh là chất lỏng: $t_0 = t_f - (4 \div 6)^\circ\text{C}$;

3) Chọn độ quá nhiệt:

- Máy lạnh amôniac: $\Delta t_{qn} = 3 \div 5^\circ\text{C}$;
- Máy lạnh freon: $\Delta t_{qn} = 10 \div 45^\circ\text{C}$ tùy theo mức độ hồi nhiệt;

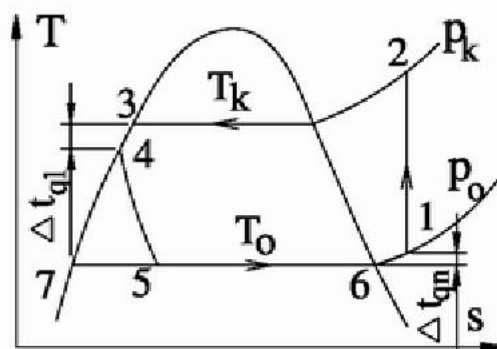
4) Chọn độ quá lạnh:

- Máy lạnh amôniac: $\Delta t_{ql} = 2 \div 3^\circ\text{C}$ tại thiết bị ngưng tụ;
- Máy lạnh freon: Δt_{ql} xác định theo phương trình cân bằng nhiệt của thiết bị hồi nhiệt: $h_1 - h_6 = h_3 - h_4$, kJ/h;

5) Xây dựng đồ thị, xác định giá trị t , p , v , h , s ở các điểm nút của chu trình (Bảng 3.1).

Bảng 3.1: Thông số trạng thái các điểm nút của chu trình.

TSTT Điểm nút	t $^\circ\text{C}$	p bar	v m^3/kg	h kJ/kg	S kJ/(kg.độ)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					



Hình 3.9: Đồ thị T-s chu trình máy lạnh 1 cấp.

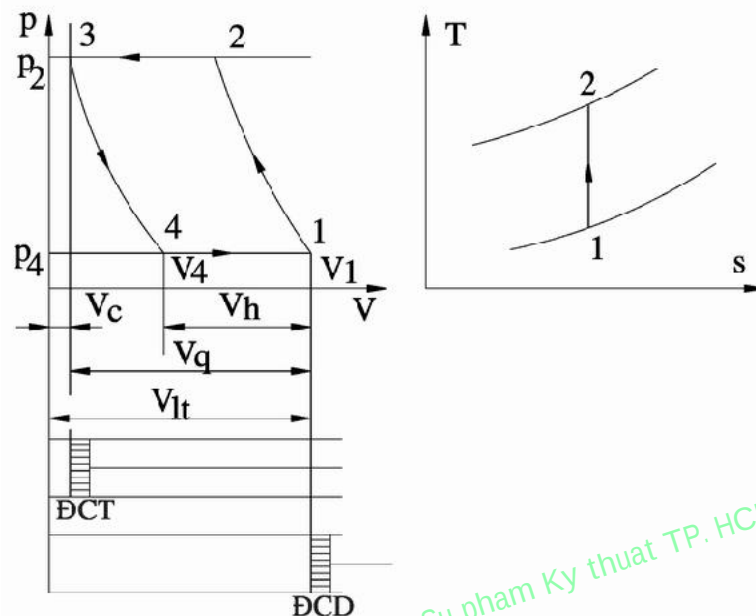
- 6) Tính công máy nén: $l = h_2 - h_1$, kJ/h;
- 7) Tính nhiệt lượng thải ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_2 - h_3$, kJ/kg;
- 8) Tính nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_o = h_6 - h_5$, kJ/kg;
- 9) Tính hệ số làm lạnh: $\varepsilon = \frac{q_o}{l}$.
- 10) Tính lượng môi chất G tuần hoàn trong hệ thống lạnh trong 1 giờ: $G = \frac{Q_o}{q_o}$; kg/h
- 11) Thể tích hút giờ máy nén: $V_h = G \cdot v_1$, m³/h.

Bản quyền © Trường ĐH Su pham Ky thuat TP. HCM

CHƯƠNG 4: MÁY LẠNH NHIỀU CẤP, NHIỀU TẦNG

4.1 Sự cần thiết phải dùng máy nén piston nhiều cấp, nhiều tầng.

4.1.1 Quá trình nén khí máy nén piston 1 cấp:



Hình 4.1: Máy nén 1 cấp có không gian chết.

Vì lý do kỹ thuật: các vật khí nóng lên thì thể tích tăng lên, nên khi piston lên đến điểm cao nhất (Hình 4.1, điểm 3 - gọi là điểm chết trên - hoặc tử điểm thượng) vẫn không chạm vào bề mặt nắp quy lát (cụm van đẩy) máy nén, do đó trong xy lanh vẫn còn một khoảng không gian cho môi chất; khoảng không gian này được gọi là không gian chết V_c . Khi pit tông thực hiện hành trình hút thì phần thể tích V_c dẫn nở ra đến V_4 . Sau khi pit tông đi qua điểm 4 thì hơi môi chất mới được nạp vào xy lanh. Quá trình nạp môi chất dừng khi pit tông đi đến điểm chết dưới (điểm 1). Lượng hơi môi chất thực tế hút được bằng: $V_h = V_1 - V_4$. Thể tích pit tông quét được là V_q .

Khi p_2 tăng thì V_4 tăng, V_h giảm, tác hại không gian chết tăng lên.

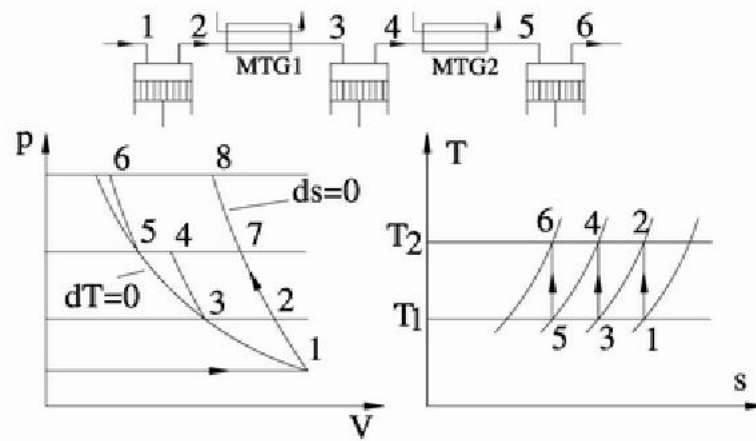
Ngoài ra khi p_2 tăng thì nhiệt độ cuối tầm nén t_2 tăng, làm giảm hoặc thậm chí phá hủy khả năng bôi trơn của dầu bôi trơn máy nén.

Để tăng thể tích hút và giảm nhiệt độ cuối tầm nén người ta không chế tỷ số nén $\epsilon = \frac{p_2}{p_1} \leq 10 \div 12$ cho một cấp nén. Khi tỷ số nén vượt qua trị số này người ta sử dụng máy nén nhiều cấp, nhiều tầng.

4.1.2 Quá trình nén khí máy nén piston nhiều cấp:

Ngoài hai ưu điểm kể trên quá trình nén nhiều cấp còn có ưu điểm là tiết kiệm công nén hơn do có thể sử dụng làm mát trung gian giữa các cấp nén. Trong thực tế kỹ thuật quá trình nén không vượt quá 3 cấp, phổ biến nhất là 2 cấp. Do làm mát trung gian nên đỡ tốn công nén.

Nguyên lý làm việc máy nén 3 cấp: môi chất với thông số trạng thái p_1, T_1 được hút vào máy nén cấp 1 (MN1) nén đoạn nhiệt theo quá trình 12 với thông số trạng thái 2 là p_2, T_2 , tiêu thụ ngoại công l_1 . Sau khi ra khỏi máy nén cấp 1 môi chất được đưa đến thiết bị làm mát trung gian 1 (MTG), tại đây môi chất nhả nhiệt đẳng áp q_1 cho môi trường xung quanh theo quá trình 23.



Hình 4.2: Máy nén nhiều cấp.

MTG1: thiết bị làm mát trung gian 1, MTG2: thiết bị làm mát trung gian 2; MN1: máy nén 1; MN2: máy nén 2; MN3: máy nén 3.

Sau khi ra khỏi thiết bị MTG1 môi chất đi vào máy nén cấp 2 nén đoạn nhiệt theo quá trình 34 với thông số trạng thái 4 là p_4 , T_4 , tiêu thụ ngoại công l_2 . Sau khi ra khỏi máy nén cấp 2 (MN2) môi chất được đưa đến thiết bị làm mát trung gian 2 (MTG 2), tại đây môi chất nhả nhiệt đẳng áp q_1 cho môi trường xung quanh theo quá trình 45. Sau khi ra khỏi thiết bị MTG2 môi chất đi vào máy nén cấp 3 nén đoạn nhiệt theo quá trình 56 với thông số trạng thái 6 là p_6 , T_6 , tiêu thụ ngoại công l_3 . Sau khi ra khỏi máy nén cấp 3 (MN3) môi chất được đưa đến thiết bị ngưng tụ.

Tính toán:

- Công nén: $l = l_1 + l_2 + l_3 = dt(12345678910)$
- Công nén cho máy nén 1 cấp $l_{1cấp} = dt(1278910)$
- Do làm mát trung gian nên đỡ tốn 1 công nén:
 $\Delta l = l - l_{1cấp} = dt(27865432)$.
- Tỷ số nén cho các cấp và nhiệt độ đầu tầm hút mỗi cấp được tính trên cơ sở công nén là nhỏ nhất ($l = \min$; $\Delta l = \max$). Khi tính toán sơ bộ cho m cấp chọn tỷ số nén b bằng:

$$\beta = \sqrt[m]{\frac{p_k}{p_o}}$$

4.1.3 Máy lạnh nhiều tầng:

Khi làm lạnh ở nhiệt độ thấp ngoài phương pháp nén nhiều cấp còn sử dụng phương pháp máy lạnh nhiều tầng. Đây là phương pháp sử dụng để hoá lỏng các chất khí trong lịch sử lạnh cryo (Cryogen). Ngày nay rất ít sử dụng.

4.1.4 Phân cấp máy nén theo nhiệt độ bay hơi:

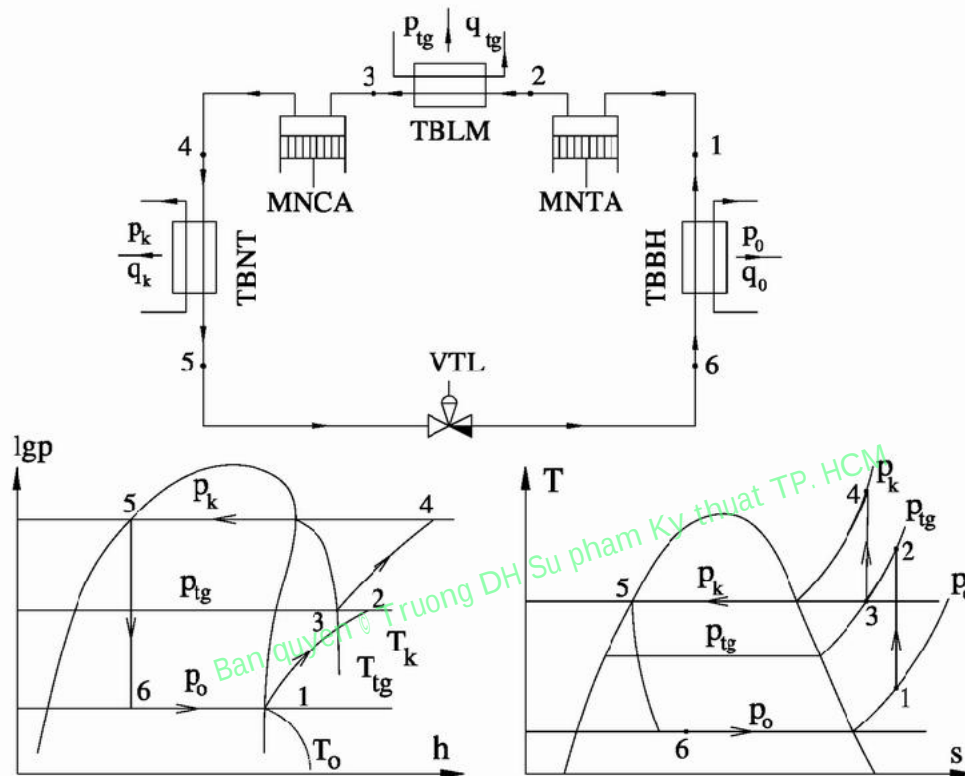
- $t_o \geq -30^\circ\text{C}$: 1 cấp nén.
- $t_o = -30^\circ\text{C} \div -50^\circ\text{C}$: 2 cấp nén.
- $t_o = -30^\circ\text{C} \div -70^\circ\text{C}$: 3 cấp nén.

4.2 MÁY LẠNH HAI CẤP KHÔNG TRÍCH HƠI TRUNG GIAN, LÀM MÁT TRUNG GIAN KHÔNG HOÀN TOÀN.

4.2.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết:

Chu trình: Hơi môi chất với các thông số trạng thái p_o , t_1 được máy nén thấp áp NTA (Hình 4.3) nén đoạn nhiệt đến áp suất p_{tg} , t_2 . Hơi môi chất được đưa vào thiết bị làm mát trung gian,

môi chất nhả nhiệt cho môi trường làm mát theo quá trình 2 – 3. Đây là quá trình làm mát không hoàn toàn, điểm 3 ở vùng quá nhiệt; ta lấy $t_3 = t_5$. Sau thiết bị làm mát trung gian hơi trung áp được đưa vào máy nén áp cao NAC và được nén đoạn nhiệt đến áp suất p_k , t_4 . Sau nén cao áp môi chất được đưa đến thiết bị ngưng tụ và ngưng tụ thành lỏng hoàn toàn ứng với thông số trạng thái điểm 5. Lỏng sau thiết bị ngưng tụ được đưa đến van tiết lưu và tiết lưu từ p_k xuống p_o ứng với thông số trạng thái điểm 6 rồi đi vào thiết bị bay hơi nhận nhiệt trở về thông số trạng thái điểm 1.



Hình 4.3: Máy lạnh hai cấp không trích hơi trung gian, làm mát trung gian không hoàn toàn.

MNTA: máy nén thấp áp; MNCA: máy nén cao áp; TBLM: thiết bị làm mát; TBNT: thiết bị ngưng tụ; VTL: van tiết lưu; TBBH: thiết bị bay hơi.

4.2.2 Tính toán chu trình:

- 1) Công tiêu thụ máy nén thấp áp: $l_{NAT} = h_2 - h_1$.
- 2) Công tiêu thụ máy nén cao áp: $l_{NAC} = h_4 - h_3$.
- 3) Công nén: $l = l_{NAT} + l_{NAC}$.
- 4) Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị làm mát trung gian: $q_{MTG} = h_3 - h_2$.
- 5) Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_4 - h_5$.
- 6) Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_o = h_1 - h_6$.
- 7) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = q_o/l$.
- 8) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén thấp áp: $G_{NAT} = Q_o/q_o$.
- 9) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén áp cao: $G_{NAC} = G_{NAT}$.
- 10) Thể tích hút máy nén thấp áp: $V_h^{NAT} = G_{NAT} \cdot v_1$.
- 11) Thể tích hút máy nén áp cao: $V_h^{NAC} = G_{NAC} \cdot v_3$.

4.2.3 Nhận xét:

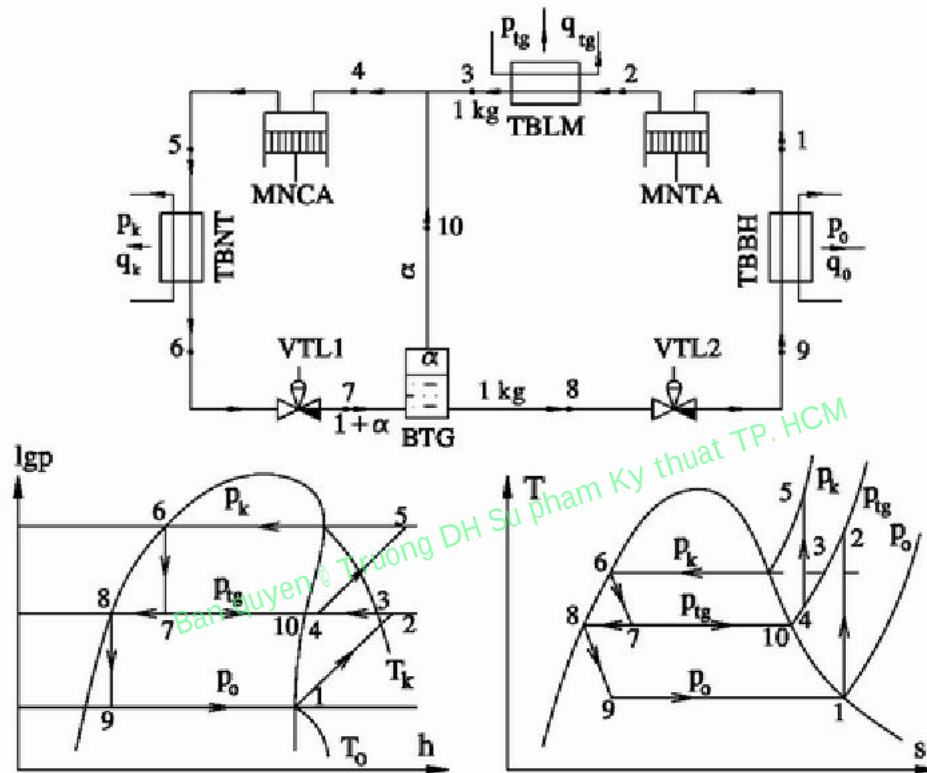
- 1) Nhiệt độ ở đầu hút máy nén áp cao là t_3 còn lớn do môi chất chưa được làm mát hoàn toàn.

Nếu giảm được t_3 xuống thì t_4 sẽ giảm, công nén l_{NAC} sẽ giảm.

2) Áp suất trung gian tính toán sơ bộ: $p_{TG} = \sqrt{p_o \cdot p_k}$

4.3 MÁY LẠNH 2 CẤP CÓ TRÍCH HƠI TRUNG GIAN, LÀM MÁT TRUNG GIAN KHÔNG HOÀN TOÀN, CÓ 2 TIẾT LƯU.

4.3.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết:



Hình 4.4: Máy lạnh 2 cấp có trích hơi trung gian, làm mát trung gian không hoàn toàn, có 2 tiết lưu.

12: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén thấp áp; 23: quá trình làm mát ở thiết bị làm mát; 34 và 10-4 quá trình hoà trộn 2 dòng môi chất lạnh; 45: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén cao áp; 56: quá trình ngưng tụ đẳng áp ở thiết bị ngưng tụ; 67: quá trình tiết lưu ở van tiết lưu 1; 89: quá trình tiết lưu ở van tiết lưu 2; 91: quá trình bay hơi ở thiết bị bay hơi.

MNTA: máy nén thấp áp; MNCA: máy nén cao áp; TBLM: thiết bị làm mát; TBNT: thiết bị ngưng tụ; VTL1: van tiết lưu 1; VTL2: van tiết lưu 2; TBBH: thiết bị bay hơi.

Chu trình: Trong sơ đồ này (Hình 4.4) môi chất đi qua máy nén thấp áp và máy nén áp cao không bằng nhau do có trích một phần hơi trung gian, hơi này tạo ra sau tiết lưu TL1. Hơi môi chất với áp suất p_o , nhiệt độ T_1 được nén ở máy nén thấp áp đến áp suất trung gian p_{TG} . Tiếp theo được làm mát đến điểm 3 ở thiết bị làm mát trung gian. Sau khi ra khỏi thiết bị làm mát trung gian hơi môi chất được hỗn hợp với buồng hơi bão hòa khô sau van tiết lưu TL1 ứng với thông số trạng thái 10 tạo thành hỗn hợp có thông số trạng thái 4. Máy nén cao áp nén đến áp suất p_k ứng với điểm 5. Hơi cao áp được đưa vào bộ ngưng và ngưng tụ đến điểm 6. Lỏng tiết lưu qua tiết lưu 1 đến trạng thái 7. Phần hơi α sinh ra sau van tiết lưu TL1 với trạng thái 10 được đưa trở lại đầu hút máy nén áp cao; phần lỏng với trạng thái 9 đi tiếp qua van tiết lưu TL2 vào thiết bị

bay hơi nhận nhiệt q_0 đến thông số trạng thái 1 rồi về đầu hút máy nén thấp áp.

4.3.2 Tính toán chu trình:

Chu trình được tính toán cho 1kg môi chất đi qua thiết bị bay hơi.

1) Xác định lượng lỏng hóa hơi sau van tiết lưu TL1: α .

Xác định theo phương trình cân bằng nhiệt bình trung gian:

$$(1 + \alpha).h_7 = h_8 + \alpha.h_{10}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{h_7 - h_8}{h_{10} - h_7}$$

2) Công máy nén thấp áp: $l_{NAT} = h_2 - h_1$.

3) Công máy nén áp cao: $l_{NAC} = (1 + \alpha).(h_5 - h_4)$.

4) Công nén: $l = l_{NAT} + l_{NAC}$.

5) Nhiệt lượng tỏa ra ở thiết bị làm mát trung gian: $q_{MTG} = h_2 - h_3$.

6) Nhiệt lượng tỏa ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = (1 + \alpha).(h_5 - h_6)$.

7) Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_0 = h_1 - h_9$.

8) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = q_0/l$.

9) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén thấp áp: $G_{NAT} = Q_0/q_0$.

10) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén áp cao: $G_{NAC} = (1 + \alpha)G_{NAT}$.

11) Thể tích hút máy nén thấp áp: $V_h^{NAT} = G_{NAT}.v_1$.

12) Thể tích hút máy nén áp cao: $V_h^{NAC} = G_{NAC}.v_4$.

4.3.3 Nhận xét:

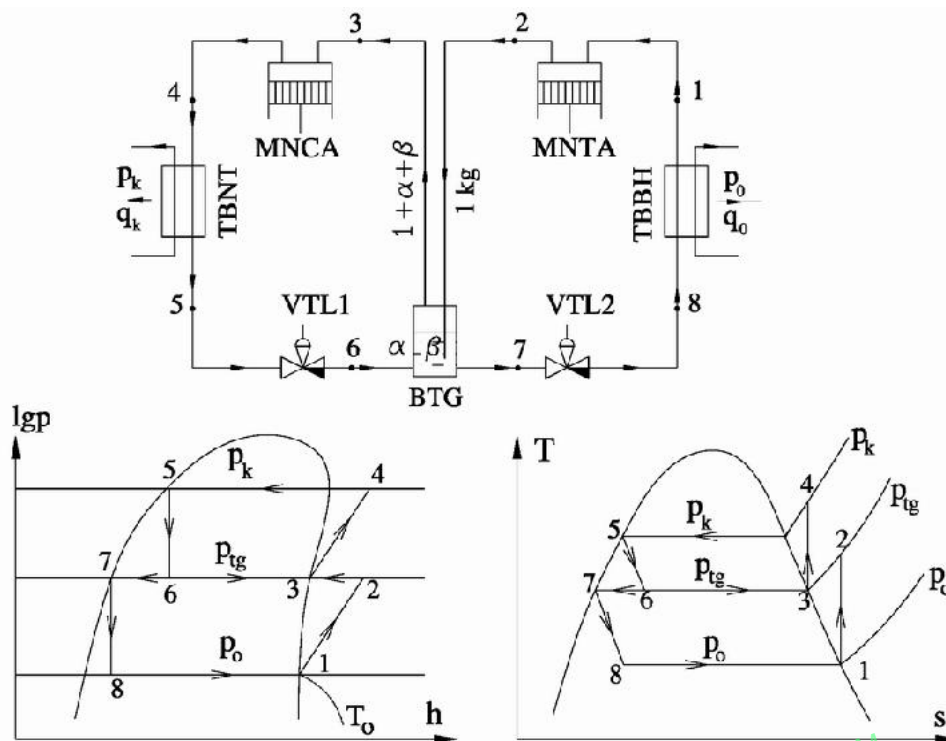
1) Do giảm được nhiệt độ đầu hút nén cao áp nên nhiệt độ cuối tầm nén cao áp T_5 nhỏ hơn so với 4.2. Công nén cao áp ở 4.3 $l_{NAC} = (1 + \alpha).(h_5 - h_4)$ nhỏ hơn so với 4.2 $l_{NAC} = h_4 - h_3$.

2) Nhiệt độ thấp nhất ở đầu hút máy nén áp cao có thể đạt được là T_{10} .

4.4 MÁY LẠNH 2 CẤP CÓ TRÍCH HƠI TRUNG GIAN, LÀM MÁT TRUNG GIAN HOÀN TOÀN, CÓ 2 TIẾT LƯU.

4.4.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết:

Chu trình: Hơi môi chất sau thiết bị bay hơi với các thông số trạng thái 1 (p_0, t_1) được máy nén thấp áp NTA (Hình 4.5) nén đoạn nhiệt đến trạng thái 2 với áp suất p_{tg} rồi đưa sang bình trung gian, làm mát đẳng áp, làm mát hoàn toàn đến trạng thái 3 nhờ một phần lỏng β bay hơi ở bình trung gian. Hơi bão hòa khô đi vào máy nén cao áp NCA, nén tới p_k theo quá trình 34 rồi tới thiết bị ngưng tụ, ngưng tụ đẳng áp, nhả nhiệt q_k theo quá trình 45. Lỏng cao áp qua van tiết lưu TL1, tiết lưu theo quá trình 56 đến p_{tg} rồi đi vào bình trung gian. Tại bình trung gian phần hơi α sinh ra sau van tiết lưu TL1 được đưa về đầu hút máy nén cao áp, phần lỏng β bay hơi để làm mát hoàn toàn 1 kg hơi qua nhiệt trung áp, phần lỏng còn lại (1 kg) được đưa đến van tiết lưu TL2 tiết lưu theo quá trình 78 đến áp suất p_0 rồi đưa vào thiết bị bay hơi nhận nhiệt q_0 theo quá trình 81 rồi trở về máy nén thấp áp NTA.



Hình 4.5: Máy lạnh 2 cấp có trích hơi trung gian, làm mát trung gian hoàn toàn, có 2 tiết lưu.
 12: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén thấp áp; 23: quá trình làm mát hoàn toàn trong bình trung gian; 34: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén cao áp; 45: quá trình ngưng tụ đẳng áp ở thiết bị ngưng tụ; 56: quá trình tiết lưu ở van tiết lưu 1; 78: quá trình tiết lưu ở van tiết lưu 2; 81: quá trình bay hơi ở thiết bị bay hơi.

MNTA: máy nén thấp áp; MNCA: máy nén cao áp; TBNT: thiết bị ngưng tụ; VTL1: van tiết lưu 1; VTL2: van tiết lưu 2; TBBH: thiết bị bay hơi.

4.4.2 Tính toán chu trình:

Chu trình được tính toán cho 1 kg qua thiết bị bay hơi.

- α : lượng hơi sau van tiết lưu TL1.
- β : Lượng lỏng bay hơi ở bình trung gian để làm mát hoàn toàn 1 kg hơi qua nhiệt trung áp.
- Lượng môi chất đi qua máy nén cao áp là $1 + \alpha + \beta$.

1) Xác định β theo phương trình cân bằng nhiệt:

$$\beta \cdot h_7 + 1 \cdot h_2 = (1 + \beta) \cdot h_3.$$

$$\beta = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_7}$$

2) Xác định α qua van tiết lưu TL1:

$$h_5 = h_6$$

$$(1 + \alpha + \beta) \cdot h_6 = (1 + \beta) \cdot h_7 + \alpha \cdot h_4$$

$$\Rightarrow \alpha = (1 + \beta) \cdot \frac{h_6 - h_7}{h_4 - h_6} = \frac{h_2 - h_7}{h_3 - h_7} \cdot \frac{h_6 - h_7}{h_4 - h_6}$$

3) Công máy nén thấp áp: $l_{\text{NAT}} = h_2 - h_1$.

4) Công máy nén cao áp: $l_{\text{NAC}} = (1 + \alpha + \beta)(h_4 - h_3)$.

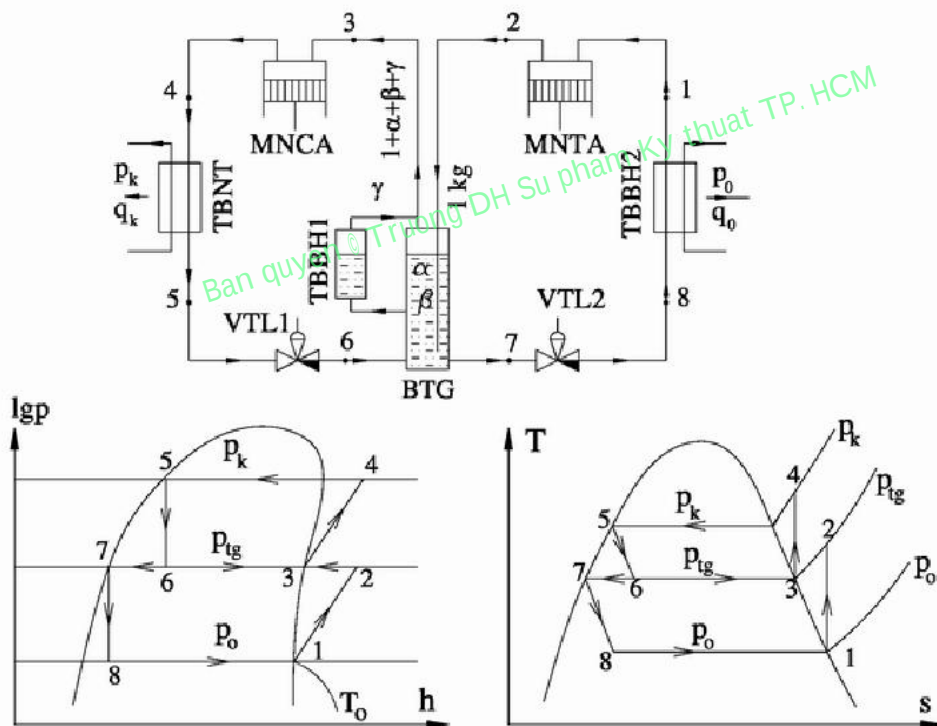
5) Công nén: $l = l_{\text{NAT}} + l_{\text{NAC}}$.

- 6) Nhiệt lượng tỏa ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = (1 + \alpha + \beta)(h_4 - h_5)$.
- 8) Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_0 = h_1 - h_8$.
- 9) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = q_0/l$.
- 10) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén thấp áp: $G_{\text{NAT}} = Q_0/q_0$.
- 11) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén cao áp: $G_{\text{NAC}} = (1 + \alpha + \beta)G_{\text{NAT}}$.
- 12) Thể tích hút của máy nén thấp áp: $V_h^{\text{NAT}} = G_{\text{NAT}} \cdot v_1$.
- 13) Thể tích hút máy nén cao áp: $V_h^{\text{NAC}} = G_{\text{NAC}} \cdot v_3$.

4.5 MÁY LẠNH 2 CẤP LÀM MÁT TRUNG GIAN HOÀN TOÀN, CÓ 2 CHẾ ĐỘ BỐC HƠI.

4.5.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết:

Do yêu cầu bảo quản hay gia công lạnh các mặt hàng ở nhiệt độ khác nhau ta lắp đặt hệ thống máy lạnh 2 cấp có hai chế độ bốc hơi. Trong sơ đồ nguyên lý có lắp thiết bị bay hơi trung gian BHTG làm việc với các thông số p_{tg} , t_{tg} .



Hình 4.6: Máy lạnh 2 cấp làm mát trung gian hoàn toàn, có 2 chế độ bốc hơi.

12: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén thấp áp; 23: quá trình làm mát hoàn toàn trong bình trung gian; 34: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén cao áp; 45: quá trình ngưng tụ đẳng áp ở thiết bị ngưng tụ; 56: quá trình tiết lưu ở van tiết lưu 1; 78: quá trình tiết lưu ở van tiết lưu 2; 73: quá trình bay hơi ở thiết bị bay hơi số 1; 81: quá trình bay hơi ở thiết bị bay hơi số 2.

Chu trình: Hơi môi chất sau thiết bị bay hơi thấp áp TBBH2 với thông số trạng thái 1 (p_0 , t_1) được máy nén áp thấp NTA (Hình 4.6) nén đoạn nhiệt theo quá trình 12 đến p_{tg} rồi đi vào bình trung gian, được làm mát hoàn toàn đến điểm 3 nhờ một phần lỏng β bay hơi ở bình trung gian. Hơi bão hòa khô đi ra khỏi bình trung gian vào máy nén cao áp NCA, nén tới p_k rồi tới thiết bị ngưng tụ, ngưng tụ đẳng áp theo quá trình 45, nhả nhiệt q_k . Lỏng cao áp qua van tiết lưu TL1, tiết lưu theo quá trình 56 đến áp suất p_{tg} rồi đi vào bình trung gian. Tại bình trung gian phần hơi

α sinh ra sau van tiết lưu 1 được đưa về đầu hút máy nén cao áp, phần lỏng β bay hơi làm mát hoàn toàn 1kg hơi quá nhiệt trung áp, phần lỏng γ đưa sang thiết bị bay hơi TBBH1, phần lỏng 1 kg còn lại được đưa đến van tiết lưu TL2 tiết lưu theo quá trình 78 đến áp suất p_o rồi đưa vào thiết bị bay hơi nhận nhiệt q_o theo quá trình 81 rồi trở về máy nén thấp áp NTA.

4.5.2 Tính toán chu trình:

Các dữ kiện cho trước $t_w, t_o^{tg}, t_o, Q_o^{tg}, Q_o$.

Từ các số liệu trên ta xác định các thông số trạng thái của các điểm nút của chu trình 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Chu trình được tính toán cho 1 kg môi chất đi qua máy nén thấp áp NTA:

- γ : là lượng lỏng môi chất bình trung gian đi qua thiết bị bay hơi trung gian TBBH1 khi có 1 kg môi chất đi qua máy nén thấp áp.
- α : lượng hơi sau van tiết lưu TL1.
- β : lượng lỏng bay hơi ở bình trung gian để làm mát hoàn toàn 1 kg hơi quá nhiệt trung áp.
- Lượng môi chất đi qua máy nén cao áp là $1 + \alpha + \beta + \gamma$.

1) Tính giá trị của γ :

- Năng suất lạnh riêng khối lượng trung áp và thấp áp:

$$q_o^{tg} = h_3 - h_7;$$

$$q_o = h_1 - h_8.$$

- Lưu lượng môi chất lạnh đi qua các thiết bị bay hơi tương ứng:

$$G_{tg} = \frac{Q_o^{tg}}{q_o^{tg}};$$

$$G_{NAT} = \frac{Q_o}{q_o}$$

- $\gamma = G_{tg} / G_{NAT}$

2) Xác định trị số β theo phương trình cân bằng nhiệt: $h_2 + \beta \cdot h_7 = (1 + \beta) \cdot h_3$

$$\Rightarrow \beta = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_7}$$

3) Xác định trị số α : $(1 + \beta + \alpha + \gamma) \cdot h_6 = (1 + \beta + \gamma) \cdot h_7 + \alpha \cdot h_3$

$$\Rightarrow \alpha = (1 + \beta + \gamma) \frac{h_6 - h_7}{h_3 - h_6}$$

4) Công cấp cho máy nén thấp áp: $l_{NAT} = h_2 - h_1$.

5) Công cấp cho máy nén áp cao: $l_{NAC} = (1 + \alpha + \beta + \gamma) \cdot (h_4 - h_3)$

6) Công cấp cho chu trình: $l = l_{NAT} + l_{NAC}$

7) Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = (1 + \alpha + \beta + \gamma)(h_4 - h_5)$.

8) Nhiệt lượng nhận được ở các thiết bị bay hơi: $q_{o\Sigma} = q_o + q_{o,tg}$.

9) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = \frac{q_{o\Sigma}}{l}$,

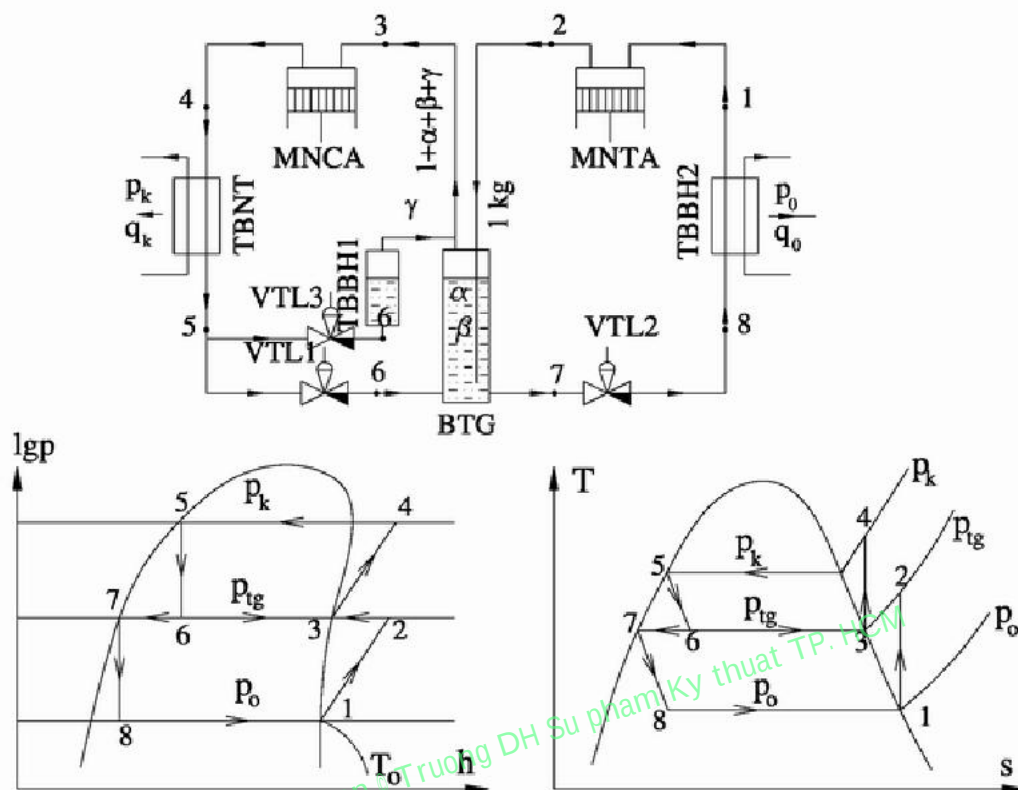
10) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén thấp áp: $G_{NAT} = Q_o / q_o$.

11) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén cao áp: $G_{NAC} = (1 + \alpha + \beta + \gamma) G_{NAT}$.

12) Thể tích hút của máy nén thấp áp: $V_h^{NAT} = G_{NAT} \cdot v_1$.

13) Thể tích hút máy nén cao áp: $V_h^{NAC} = G_{NAC} \cdot v_3$.

4.5.3 Nhận xét: Ngoài sơ đồ lấy lỏng từ bình trung gian cấp cho thiết bị bay hơi TBBH1 như trên còn có sơ đồ cấp lỏng trực tiếp từ thiết bị ngưng tụ TBNT qua van tiết lưu VTL3 cho thiết bị bay hơi TBBH1 như hình 4.7



Hình 4.7: Máy lạnh 2 cấp làm mát trung gian hoàn toàn, có 2 chế độ bốc hơi.

4.6 MÁY LẠNH 2 CẤP CÓ TRÍCH HƠI TRUNG GIAN, LÀM MÁT TRUNG GIAN HOÀN TOÀN, BÌNH TRUNG GIAN LOẠI ỐNG TRAO ĐỔI NHIỆT (ỐNG XOẮN LÒ XO)

4.6.1 Mục đích dùng bình trung gian có ống trao đổi nhiệt (ống xoắn lò xo):

Đối với các xí nghiệp lạnh có công suất lớn thì có nhiều thiết bị bay hơi phải đặt tương đối xa hoặc cao so với giàn máy. Do đó dịch lỏng cấp đến thiết bị bay hơi có tổn thất áp suất tương đối lớn. Nếu dùng áp suất p_{TG} để cấp lỏng cho các thiết bị bay hơi này thì sẽ không đảm bảo có đủ lượng môi chất cần thiết, do đó sẽ không đạt năng suất lạnh cần thiết. Để khắc phục ta dùng bơm lỏng bơm dịch từ bình trung gian đến các thiết bị bay hơi ở xa hoặc đưa dịch lỏng với áp suất p_k từ thiết bị ngưng tụ tới ống trao đổi nhiệt (thông dụng là ống xoắn lò xo) trong bình trung gian để quá lạnh rồi đưa đến thiết bị bay hơi và chỉ tiết lưu 1 lần ngay tại thiết bị bay hơi.

Ống xoắn lò xo nhằm làm quá lạnh môi chất trước van tiết lưu, giảm bớt tổn thất không thuận nghịch trong quá trình tiết lưu từ p_k đến p_o .

4.6.2 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết:

$$\Rightarrow \beta = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_9}$$

3) Xác định trị số α : $(\beta + \alpha + \xi) \cdot h_6 = (\beta + \xi) \cdot h_9 + \alpha \cdot h_3$

$$\Rightarrow \alpha = (\beta + \xi) \cdot \frac{h_6 - h_9}{h_3 - h_6}$$

4) Công cấp cho máy nén thấp áp: $l_{NAT} = h_2 - h_1$.

5) Công cấp cho máy nén áp cao: $l_{NAC} = (1 + \alpha + \beta + \xi) \cdot (h_4 - h_3)$

6) Công cấp cho chu trình: $l = l_{NAT} + l_{NAC}$

7) Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = (1 + \alpha + \beta + \xi)(h_4 - h_5)$.

8) Nhiệt lượng nhận được ở các thiết bị bay hơi: $q_0 = h_1 - h_8$.

9) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = \frac{q_0}{l}$;

10) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén thấp áp: $G_{NAT} = Q_0/q_0$.

11) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén cao áp: $G_{NAC} = (1 + \alpha + \beta + \xi)G_{NAT}$.

12) Thể tích hút của máy nén thấp áp: $V_h^{NAT} = G_{NAT} \cdot v_1$.

13) Thể tích hút máy nén cao áp: $V_h^{NAC} = G_{NAC} \cdot v_3$.

4.6.4 So sánh hai loại bình trung gian:

Bình trung gian không có ống xoắn lò xo:

+ Ưu điểm:

- Cấu trúc đơn giản, dễ chế tạo.
- Độ hoàn nhiệt bằng không: $\Delta t_{hm} = 0$.

+ Nhược điểm:

- Dầu dễ bị cuốn từ bình trung gian vào thiết bị bay hơi.
- Khó cấp môi chất cho các thiết bị bay hơi có trở lực lớn. Bình trung gian không có ống xoắn lò xo dùng khi các thiết bị bay hơi gần phòng máy; nếu không phải dùng kèm bơm cấp dịch.

Bình trung gian có ống xoắn lò xo:

+ Ưu điểm:

- Dễ dàng cấp lỏng cho thiết bị bay hơi.
- Dễ tự động hóa và điều khiển.

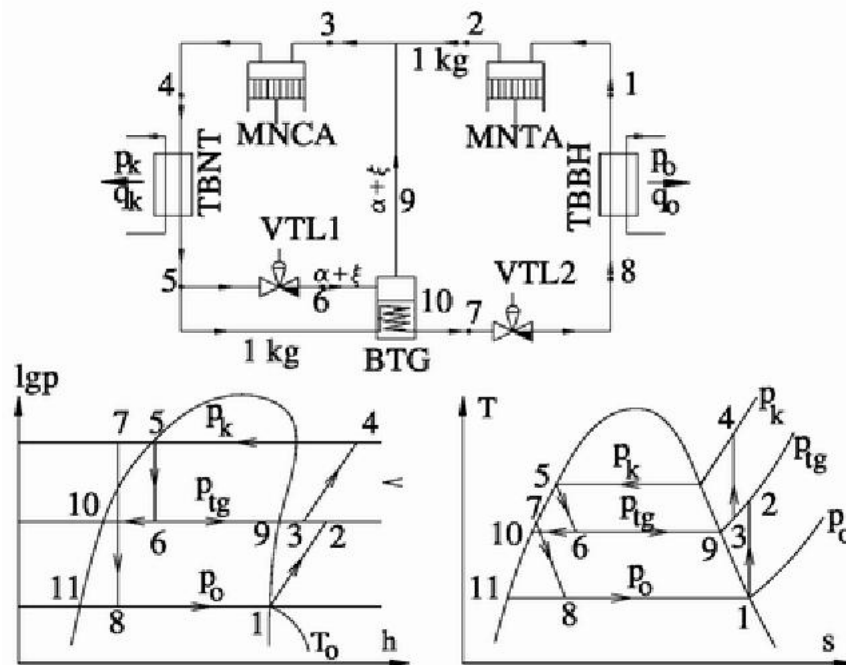
+ Nhược điểm:

- Cấu tạo phức tạp hơn.
- Độ hoàn nhiệt $\Delta t_{hm} > 0$ nên hiệu quả kém hơn bình trung gian rỗng.

Trong thực tế loại bình trung gian ống xoắn thông dụng hơn.

4.7 MÁY LẠNH 2 CẤP, LÀM MÁT TRUNG GIAN KHÔNG HOÀN TOÀN, BÌNH TRUNG GIAN ỐNG XOẮN.

4.7.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết:



Hình 4.9: Máy lạnh 2 cấp có trích hơi trung gian, làm mát trung gian hoàn toàn, bình trung gian loại ống xoắn.

12: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén thấp áp; 23: quá trình làm mát hoàn toàn trong bình trung gian; 34: quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy ở máy nén cao áp; 45: quá trình ngưng tụ đẳng áp ở thiết bị ngưng tụ; 56: quá trình tiết lưu ở van tiết lưu 1; 78: quá trình tiết lưu ở van tiết lưu 2; 81: quá trình bay hơi ở thiết bị bay.

- Dòng chất lỏng chính tới thiết bị bay hơi chỉ tiết lưu 1 lần ở van tiết lưu TL2 theo quá trình 7-8.
- Dòng môi chất lỏng chính được làm quá lạnh theo quá trình 5-7 nhờ lượng lỏng trung áp ξ bốc hơi ở bình trung gian theo quá trình 10-9.
- Độ chênh nhiệt $\Delta t_{hn} = t_7 - t_{10}$ còn gọi là độ hoàn nhiệt, đánh giá mức độ hoàn thiện nhiệt động của sơ đồ, Δt_{hn} càng bé càng tốt. Thông thường $\Delta t_{hn} = 3 \div 4^\circ\text{C}$.

4.7.2 Tính toán chu trình:

Chu trình được tính toán cho 1 kg môi chất đi qua máy nén thấp áp NTA:

- ξ : là lượng lỏng môi chất lạnh trong bình trung gian bay hơi để làm quá lạnh 1 kg lỏng cao áp tương ứng khi có 1 kg môi chất đi qua máy nén thấp áp.
- α : lượng hơi sau van tiết lưu TL1.
- Lượng môi chất đi qua máy nén cao áp là $1 + \alpha + \xi$.

1) Tính giá trị của ξ : $h_5 - h_7 = \xi(h_9 - h_{10}) \Rightarrow \xi = (h_5 - h_7) / (h_9 - h_{10})$

2) Xác định trị số α : $(\alpha + \xi) \cdot h_6 = \xi \cdot h_{10} + \alpha \cdot h_9 \Rightarrow \alpha = \xi \cdot \frac{h_6 - h_{10}}{h_9 - h_6}$

3) Enthalpy trạng thái 3 được xác định theo công thức: $1 \cdot h_2 + (\alpha + \xi) \cdot h_9 = (1 + \alpha + \xi) \cdot h_3$

4) Công cấp cho máy nén thấp áp: $l_{NAT} = h_2 - h_1$.

5) Công cấp cho máy nén áp cao: $l_{NAC} = (1 + \alpha + \xi) \cdot (h_4 - h_3)$

6) Công cấp cho chu trình: $l = l_{NAT} + l_{NAC}$

7) Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = (1 + \alpha + \xi)(h_4 - h_5)$.

8) Nhiệt lượng nhận được ở các thiết bị bay hơi: $q_0 = h_1 - h_8$.

9) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = \frac{q_0}{1}$;

10) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén thấp áp: $G_{NAT} = Q_0/q_0$.

11) Lượng môi chất tuần hoàn qua máy nén cao áp: $G_{NAC} = (1 + \alpha + \xi)G_{NAT}$.

12) Thể tích hút của máy nén thấp áp: $V_h^{NAT} = G_{NAT} \cdot v_1$.

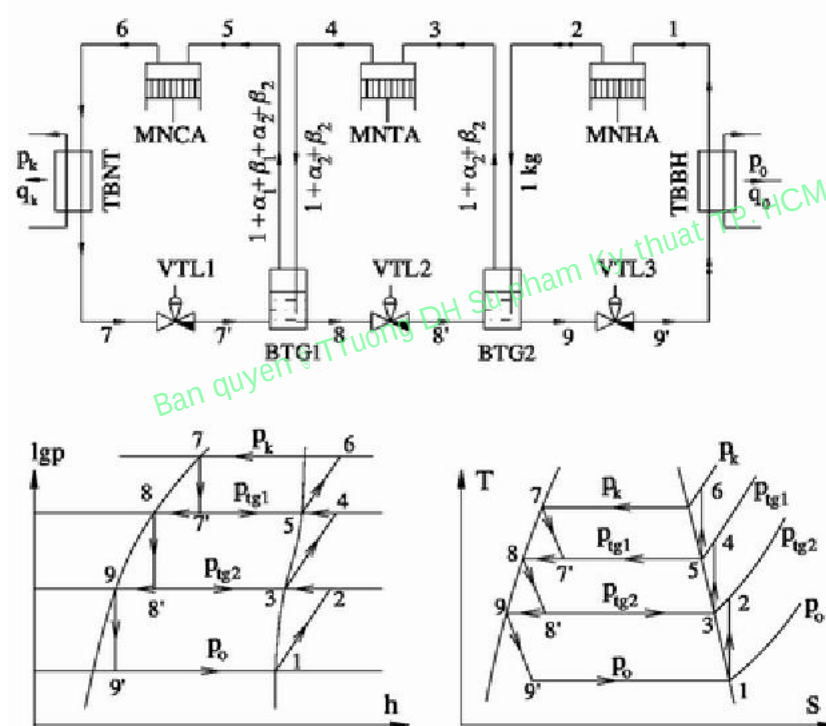
13) Thể tích hút máy nén cao áp: $V_h^{NAC} = G_{NAC} \cdot v_3$.

4.8 MÁY LẠNH 3 CẤP.

4.8.1 Mục đích dùng máy lạnh 3 cấp:

Khi cần nhiệt độ bảo quản hàng lạnh ở dải nhiệt độ $t_f = -50 \div -70^\circ \text{C}$ ta dùng máy lạnh 3 cấp.

4.8.2 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết:



Hình 4.10: Máy lạnh 3 cấp.

- Máy lạnh 3 cấp theo sơ đồ hình 4.10 có 3 van tiết lưu và 2 bình trung gian loại không có ống xoắn lò xo. Hệ thống có thể lắp thêm 2 thiết bị bay hơi ở p_{tg1} , t_{tg1} và p_{tg2} , t_{tg2} .
- Trong các trường hợp cần thiết thì các bình trung gian có thể là loại có ống xoắn lò xo.
- Nếu chỉ có 1 thiết bị bay hơi thấp áp thì các áp suất trung gian được lấy sơ bộ như sau:

$$\frac{p_k}{p_{tg1}} = \frac{p_{tg1}}{p_{tg2}} = \frac{p_{tg2}}{p_o} = \sqrt[3]{\frac{p_k}{p_o}}$$

4.8.3 Tính toán chu trình:

Chu trình được tính toán cho 1kg môi chất đi qua thiết bị bay hơi thấp áp.

- 1) Xác định β_2 : β_2 là lượng lỏng trong bình trung gian 2 bốc hơi để làm mát hoàn toàn 1kg hơi môi chất của máy nén thấp áp:

$$\beta_2(h_3 - h_9) = h_2 - h_3 \Rightarrow \beta_2 = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_9}$$

- 2) Xác định α_2 : α_2 là lượng hơi môi chất sau tiết lưu 2 để có $(1+\beta_2)$ lượng lỏng đi vào bình trung gian 2:

$$(1+\alpha_2 + \beta_2).h_8' = (1 + \beta_2).h_9 + \alpha_2.h_3$$

$$\alpha_2 = (1 + \beta_2) \cdot \frac{h_9 - h_{8'}}{h_3 - h_{8'}}$$

- 3) Xác định β_1 : β_1 là lượng lỏng ở bình trung gian 1 bị bốc hơi để làm mát hoàn toàn $(1+\alpha_2 + \beta_2)$ lượng hơi môi chất của máy nén cao áp đi vào bình trung gian 1.

$$\beta_1(h_5 - h_8) = (1+\alpha_2 + \beta_2)(h_4 - h_5)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = (1 + \alpha_2) \frac{h_4 - h_5}{h_5 - h_8}$$

- 4) Xác định α_1 : α_1 là lượng hơi sau van tiết lưu 1 để có $(1+\alpha_2 + \beta_1 + \beta_2)$ lượng lỏng đi vào bình trung gian 1.

$$(1 + \alpha_1 + \beta_1 + \alpha_2 + \beta_2).h_7' = (1 + \beta_1 + \alpha_2 + \beta_2).h_8 + \alpha_1.h_5$$

$$\Rightarrow \alpha_1 = (1 + \beta_1 + \alpha_2 + \beta_2) \frac{h_7' - h_8}{h_5 - h_7'}$$

- 5) Công máy nén hạ áp: $l_{mnha} = h_2 - h_1$.

- 6) Công máy nén trung áp: $l_{mnta} = (1 + \alpha_2 + \beta_2)(h_4 - h_3)$.

- 7) Công máy nén cao áp: $l_{mnca} = (1 + \alpha_1 + \beta_1 + \alpha_2 + \beta_2)(h_6 - h_5)$.

- 8) Công nén: $l = l_{mnta} + l_{mnha} + l_{mnca}$.

- 9) Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = (1 + \alpha_1 + \beta_1 + \alpha_2 + \beta_2)(h_6 - h_7)$.

- 10) Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_0 = h_1 - h_9$.

- 11) Hệ số làm lạnh: $\varepsilon = q_0/l$.

- 12) Khối lượng tuần hoàn giờ qua máy nén hạ áp: $G_{mnha} = Q_0/q_0$.

- 13) Khối lượng tuần hoàn giờ qua máy nén trung áp: $G_{mnta} = (1 + \alpha_2 + \beta_2).G_{mnha}$.

- 14) Khối lượng tuần hoàn giờ qua máy nén cao áp: $G_{mnca} = (1 + \alpha_1 + \beta_1 + \alpha_2 + \beta_2).G_{mnha}$.

- 15) Thể tích tuần hoàn giờ của máy nén hạ áp: $V_{h, mnha} = G_{mnha}.v_1$.

- 16) Thể tích tuần hoàn giờ của máy nén trung áp: $V_{h, mnta} = G_{mnta}.v_3$.

- 17) Thể tích tuần hoàn giờ của máy nén cao áp: $V_{h, mnca} = G_{mnca}.v_5$.

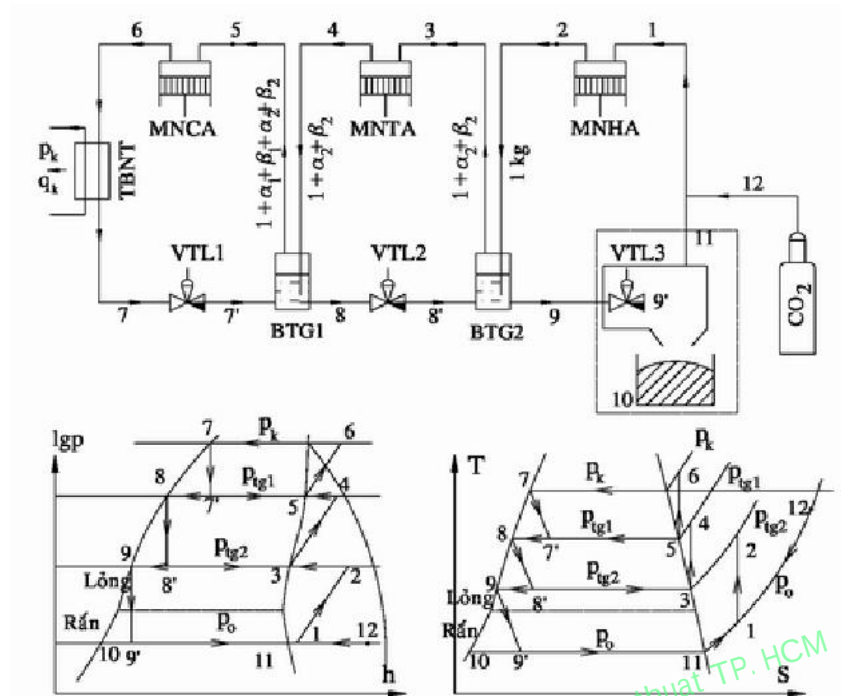
4.9 MÁY LẠNH 3 CẤP SẢN XUẤT NƯỚC ĐÁ KHÔ CO₂.

Ngoài hệ thống lạnh 3 cấp làm việc theo chu trình kín còn có hệ thống máy lạnh 3 cấp sản xuất CO₂ rắn theo chu trình hở. CO₂ dùng để bảo quản thực phẩm ở nhiệt độ thấp rất tốt. Ở điều kiện áp suất khí quyển CO₂ rắn bay hơi ở nhiệt độ $-79,8^\circ\text{C}$. Ở nhiệt độ môi trường $t_{mt} = 25^\circ\text{C}$, CO₂ ngưng tụ ở áp suất 56 bar.

Sơ đồ nguyên lý: Điểm khác biệt với sơ đồ trên là thiết bị bay hơi được thay thế bằng bình thu hồi CO₂ rắn, phần CO₂ thiếu hụt do tạo thành đá khô được bổ sung bằng các chai CO₂ nạp từ bên ngoài vào đầu hút máy nén hạ áp.

Đồ thị: Quá trình tiết lưu 9 – 9' ở van tiết lưu 3 đi qua đường chuyển pha: Hơi + lỏng → khí + rắn. Lượng khí α_3 được xác định theo công thức:

$$h_9' = (1 - \alpha_3) \cdot h_{10} + \alpha_3 \cdot h_{11} \alpha_3 = \frac{h_9' - h_{10}}{h_1 - h_{10}}$$



Hình 4.11: Máy lạnh 3 cấp chu trình hở.

Điểm 12 trên đường p_o xác định quá trình nạp ga bổ sung: Nạp từ các chai chứa CO₂ lỏng hoặc nạp khí CO₂ được lấy từ một dây chuyền công nghệ nào đấy.

Điểm 1 được xác định: $h_1 = \alpha_3 \cdot h_{11} + (1 - \alpha_3) \cdot h_{12}$

Sau khi xác định xong điểm 1 thì mọi tính toán giống như phần 3.

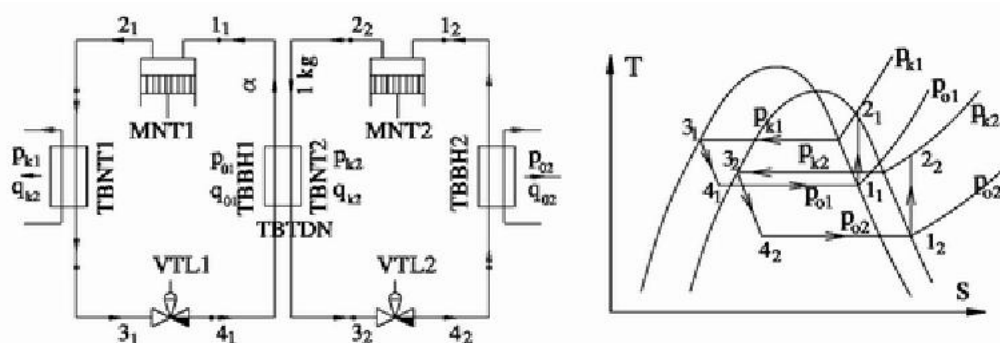
Trong thực tế $\alpha_3 \approx 0,5$.

4.10 MÁY LẠNH GHEP TANG.

Để nhận được nhiệt độ thấp ngoài máy lạnh nhiều cấp người ta còn sử dụng máy lạnh ghép tầng. Trong cuộc chạy đua hóa lỏng các đơn khí của không khí máy lạnh ghép tầng được sử dụng với số tầng là 4.

Máy lạnh ghép tầng là hệ thống máy lạnh có nhiều tầng. Mỗi tầng là một hệ thống máy lạnh hoàn chỉnh. Thiết bị bay hơi của tầng trên là thiết bị ngưng tụ của tầng dưới tiếp theo.

4.10.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết:



Hình 4.12: Máy lạnh ghép tầng.

Sơ đồ trên là sơ đồ máy lạnh 2 tầng. Chu trình tầng trên $1_1, 2_1, 3_1, 4_1$ và chu trình tầng dưới là $1_2, 2_2, 3_2, 4_2$. Thiết bị bay hơi của tầng trên đồng thời là thiết bị ngưng tụ của tầng dưới.

4.10.2 Tính toán chu trình:

Ta có $t_{k2} > t_{o1}$. Tính toán riêng cho từng tầng, tính toán cho cả hệ (ϵ).

t_{k1} xác định theo t_w .

t_{o2} xác định theo t_f .

t_{k2} và t_{o1} nếu không có phụ tải lạnh trung gian thì xác định định hướng theo công thức sau:

$$t_{k1} - t_{o1} = t_{k2} - t_{o2}.$$

Các trình tự tính toán tương tự cho máy lạnh 1 cấp.

Điều kiện để máy lạnh ghép tầng làm việc ổn định là: $Q_{o1} = Q_{k2}$; nghĩa là công suất lạnh của tầng trên bằng nhiệt lượng ngưng tụ của tầng dưới khi bỏ qua các tổn thất nhiệt.

4.10.3 Nhận xét:

- 1) Do các tầng vận hành độc lập nên môi chất ở các tầng có thể khác nhau.
- 2) Môi chất tầng dưới có nhiệt độ đông đặc nhỏ hơn nhiều so với môi chất tầng trên.
- 3) Ở mỗi tầng có thể sử dụng máy lạnh nhiều cấp.
- 4) Nếu 2 hệ thống lạnh gồm một hệ có nhiều cấp và 1 hệ có nhiều tầng (mỗi tầng là 1 máy lạnh 1 cấp) thì máy lạnh ghép tầng đạt độ lạnh sâu hơn.
- 5) Khi thông số ở một tầng nào đó bị sai lệch thì các tầng khác đều bị ảnh hưởng. Vì lý do này mà máy lạnh ghép tầng rất khó tự động hóa. Vì vậy máy lạnh ghép tầng chỉ dùng rất hạn chế, khi không thể dùng máy lạnh nhiều cấp.

CHƯƠNG 5

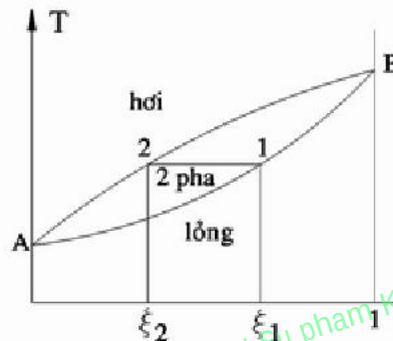
MÁY LẠNH HẤP THỤ & MÁY LẠNH EJECTOR

5.1 CÁC KHÁI NIỆM CHUNG:

Máy lạnh hấp thụ thuộc nhóm các máy lạnh sử dụng nhiệt năng. Môi chất của máy lạnh hấp thụ là dung dịch của 2 đơn chất. Các đơn chất này sôi ở những nhiệt độ khác nhau khi ở cùng áp suất. Đơn chất có nhiệt độ sôi thấp hơn là môi chất làm lạnh, đơn chất còn lại là chất hấp thụ. Dung dịch được sử dụng thông dụng nhất để làm lạnh là hỗn hợp $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$, $\text{H}_2\text{O} + \text{LiBr}$. Hỗn hợp $\text{H}_2\text{O}-\text{NH}_3$ có môi chất làm lạnh là NH_3 , chất hấp thụ là H_2O . Hỗn hợp $\text{LiBr}-\text{H}_2\text{O}$ có môi chất làm lạnh là H_2O , chất hấp thụ là LiBr .

Máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}-\text{NH}_3$ được sử dụng để làm lạnh ở giải nhiệt độ 0 đến -70°C .

Máy lạnh hấp thụ $\text{BrLi}-\text{H}_2\text{O}$ được sử dụng để làm lạnh nước đến $+4^\circ\text{C}$.



Hình 5.1: Đồ thị $t-\xi$ quá trình sôi của hỗn hợp

Chúng ta chỉ nghiên cứu máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}-\text{NH}_3$ một cấp.

Quá trình sôi của hỗn hợp ở áp suất không đổi (Hình 5.1) như sau: nhiệt độ sôi của hỗn hợp phụ thuộc vào thành phần khối lượng của các đơn chất. Nhiệt độ sôi của hỗn hợp sẽ tăng lên nếu tăng thành phần khối lượng của đơn chất có nhiệt độ sôi cao. Nhiệt độ sôi của hỗn hợp phụ thuộc vào thành phần khối lượng các đơn chất được biểu diễn trên đồ thị $t-\xi$ với ξ là thành phần khối lượng của chất hấp thụ. Nhiệt độ t_A bằng nhiệt độ sôi của môi chất làm lạnh ở áp suất hỗn hợp, nhiệt độ t_B bằng nhiệt độ sôi của chất hấp thụ ở áp suất hỗn hợp.

Ví dụ $\text{NH}_3-\text{H}_2\text{O}$ có $t_A = -33,4^\circ\text{C}$; $t_B = 100^\circ\text{C}$ nếu áp suất của hỗn hợp là 1 bar. Thành phần của pha hơi khác thành phần của pha lỏng vì môi chất làm lạnh dễ bay hơi nên môi chất làm lạnh bay hơi trước, bay hơi dễ dàng hơn. Do đó thành phần môi chất làm lạnh ở pha hơi cao hơn thành phần môi chất làm lạnh ở pha lỏng. Đường liền nét biểu diễn thành phần của hỗn hợp ở pha lỏng bắt đầu sôi. Đường đứt nét biểu diễn pha hơi bão hoà khô tương ứng. Phần giữa 2 đường biểu thị vùng hơi bão hoà ẩm của hỗn hợp. Quá trình ngưng tụ xảy ra ngược lại. Như vậy trong quá trình sôi, thành phần của môi chất làm lạnh tăng lên ở pha hơi, thành phần chất hấp thụ tăng lên ở pha lỏng. Nếu pha hơi được làm ngưng tụ lại và tiếp tục cho đun sôi thì ta sẽ được pha hơi sau có thành phần môi chất làm lạnh cao hơn nữa.

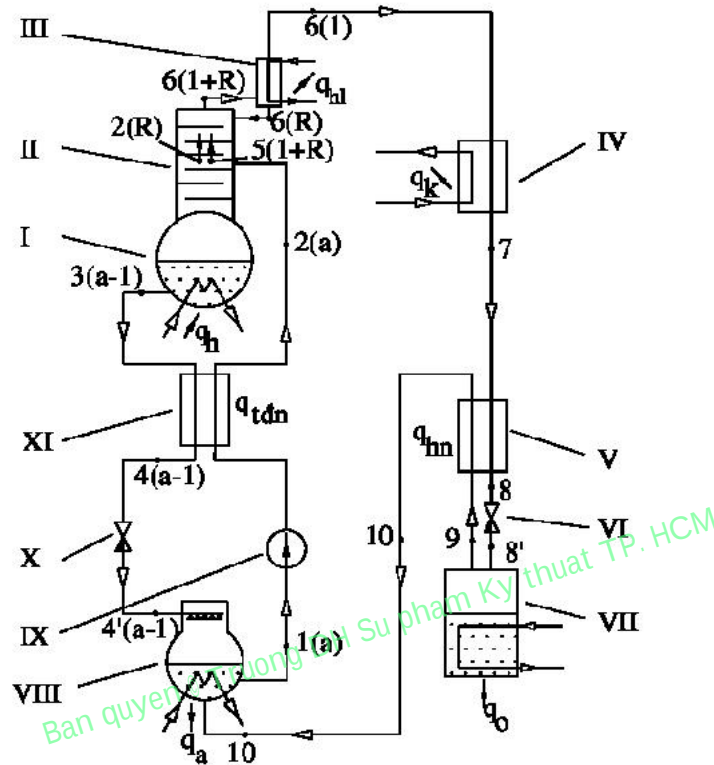
Máy lạnh hấp thụ có 2 loại: máy lạnh hấp thụ làm việc liên tục và máy lạnh hấp thụ làm việc theo chu kỳ. Chúng ta chỉ nghiên cứu máy lạnh hấp thụ làm việc liên tục.

Ngày nay, người ta đã đưa vào sử dụng máy lạnh hấp thụ có năng suất lạnh đến 10MW. Máy lạnh hấp thụ có thể sử dụng các nguồn nhiệt dư thừa bỏ đi như khói của tuabin khí, các cụm máy phát Diesel, khói thải các lò nung, lò luyện gang thép, ... Máy lạnh hấp thụ có thể sử dụng các nhiên liệu rẻ tiền và có thể dùng ở các nơi không có điện. Máy lạnh hấp thụ không có các bộ phận chuyển động cơ khí nên không có tiếng ồn, không bị bào mòn cơ khí nên tuổi thọ lớn.

5.2 MÁY LẠNH HẤP THỤ NH₃-H₂O MỘT CẤP:

5.2.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết:

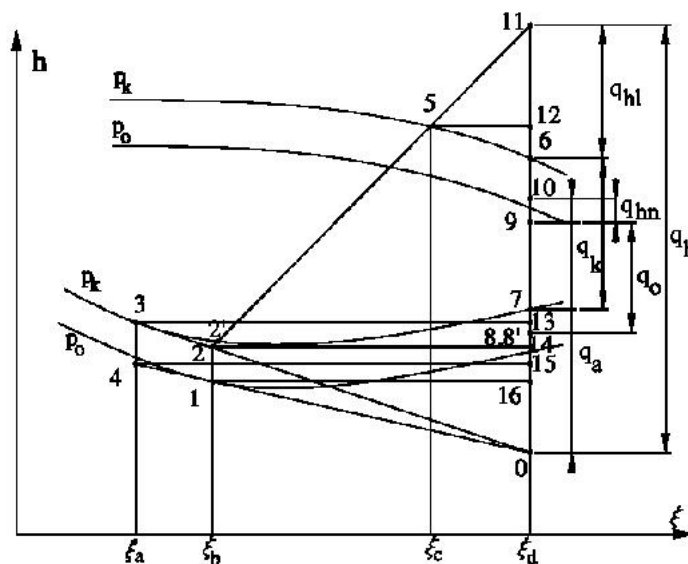
Sơ đồ nguyên lý:



Hình 5.2: Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ NH₃-H₂O một cấp.

I – Bộ gia nhiệt; II – Tháp chưng cất; III – Thiết bị hồi lưu; IV – Thiết bị ngưng tụ; V - Thiết bị hồi nhiệt; VI – Van tiết lưu; VII - Thiết bị bay hơi; VIII - Thiết bị hấp thụ; IX – Bơm dung dịch; X – Van một chiều; XI - Thiết bị trao đổi nhiệt.

Đồ thị:



Hình 5.3: Đồ thị h-ξ.

Chu trình lý thuyết:

ξ : nồng độ khối lượng của môi chất làm lạnh trong hỗn hợp.

Khi đun sôi dung dịch $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ ở thiết bị gia nhiệt I (Hình 5.2) ta thu được hỗn hợp hơi $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$. Nồng độ môi chất làm lạnh NH_3 ở hỗn hợp hơi được tăng lên nhờ có tháp chưng cất II và thiết bị hồi lưu III. Hệ số nhiệt của chu trình nhờ thiết bị hồi nhiệt V làm quá lạnh môi chất làm lạnh trước khi đến van tiết lưu VI vào thiết bị bay hơi VII.

Dung dịch đặc với nồng độ cao ξ_b từ thiết bị hấp thụ nhờ bơm IX đẩy qua thiết bị trao đổi nhiệt XI và sau đó đưa vào tháp chưng cất II. Ở thiết bị gia nhiệt I dung dịch được cấp nhiệt Q_h và một phần biến thành hơi đi lên tháp chưng cất II. Ở tháp chưng cất II hơi đi lên, dòng lỏng hồi lưu đi xuống, quá trình chưng cất xảy ra ở tầng đệm và các tầng đĩa của tháp. Sau khi ra khỏi tháp, môi chất làm lạnh NH_3 có nồng độ rất cao ξ_c đi vào thiết bị hồi lưu III. Ở thiết bị hồi lưu III một phần hơi được làm ngưng tụ và đưa trở về tháp chưng cất làm dòng hồi lưu, phần lớn hơi còn lại đi vào thiết bị ngưng tụ IV và được ngưng tụ hoàn toàn, nhả ra nhiệt lượng Q_k ; lỏng được quá lạnh ở thiết bị hồi nhiệt V và đi qua van tiết lưu VI vào thiết bị bay hơi VII. Ở thiết bị bay hơi môi chất nhận nhiệt lượng Q_o và biến thành hơi đi vào thiết bị hấp thụ VIII. Ở thiết bị hấp thụ hơi môi chất được dung dịch loãng nồng độ ξ_a hấp thụ và nhả ra nhiệt lượng Q_a . Dung dịch loãng được lấy từ thiết bị gia nhiệt I qua van tiết lưu một chiều X tới thiết bị hấp thụ VIII.

5.2.2 Xây dựng đồ thị h- ξ :

Chu trình máy lạnh hấp thụ được biểu thị trên đồ thị h- ξ (Hình 5.3) các thông số cho trước gồm có:

- Nhiệt độ của nguồn nhiệt t_h : qua t_h ta xác định nhiệt độ cao nhất ở thiết bị gia nhiệt của thiết bị gia nhiệt t_3
- Nhiệt độ nước làm mát t_w : qua t_w ta xác định nhiệt độ ngưng tụ t_k , áp suất ngưng tụ p_k ở thiết bị ngưng tụ và nhiệt độ thấp nhất t_1 của quá trình hấp thụ ở thiết bị hấp thụ.
- Nhiệt độ cần làm lạnh t_f : qua t_f xác định nhiệt độ sôi t_o và p_o ở thiết bị bay hơi.

Xác định các điểm nút:

- Điểm 1: giao điểm của 2 đường $t_1 = \text{const}$, $p_o = \text{const}$. Qua điểm 1 ta xác định được nồng độ x_b là nồng độ của dung dịch cho hệ thống.
- Điểm 3: giao điểm của $t_3 = \text{const}$ và $p_k = \text{const}$, qua điểm 3 ta xác định được nồng độ dung dịch loãng ξ_a .
- Điểm 2 và 4: xác định dựa theo phương trình cân bằng nhiệt và phương trình truyền nhiệt của thiết bị trao đổi nhiệt XI, khi thiết kế chọn điểm 1 gần vị trí dung dịch bắt đầu sôi (khi sôi thì điểm 2 nằm trên đường p_k) Trên hình vẽ biểu diễn điểm 2 gần đến điểm sôi. Quá trình 22' là quá trình bão hoà dung dịch khi đi vào tháp chưng cất II. Ta có $\xi_3 = \xi_4 = \xi_a$, $\xi_1 = \xi_2 = \xi_b$.
- Điểm 5: giao của đường t_2 ở vùng 2 pha với đường p_k pha hơi, qua 5 ta xác định ξ_c .
- Điểm 6: tính theo quá trình chưng cất (tính cất) cho tháp chưng cất II, qua 6 ta xác định ξ_d .
- Điểm 7: giao của đường ξ_d với $p_k = \text{const}$ thuộc pha lỏng.
- Điểm 8: dựa theo phương trình cân bằng nhiệt và phương trình truyền nhiệt của thiết bị hồi nhiệt V: $\xi_8 = \xi_d$.
- Điểm 9: thông số trạng thái hơi bão hoà ẩm sau thiết bị bốc hơi lấy theo giao điểm của đường $t_o = \text{const}$ vùng 2 pha với $\xi_d = \text{const}$.
- Điểm 10: dựa theo phương trình cân bằng nhiệt và phương trình truyền nhiệt của thiết bị hồi nhiệt V: $\xi_{10} = \xi_d$.

5.2.3 Tính toán chu trình:

- Để tính phụ tải nhiệt các thiết bị của hệ thống người ta cho biết năng suất lạnh Q_o . Tính toán nhiệt được tiến hành cho 1 kg môi chất làm lạnh đi qua thiết bị bay hơi.
Ký hiệu: D - khối lượng môi chất đi qua thiết bị ngưng tụ, thiết bị bay hơi; kg/h; F - khối

lượng của môi chất đi vào tháp chưng cất. Vậy $F - D$ là khối lượng môi chất đi từ thiết bị gia nhiệt đến thiết bị hấp thụ. Hệ số tuần hoàn của dung dịch là $a = F/D$

2. Từ phương trình cân bằng vật chất cho môi chất ở thiết bị hồi lưu và thiết bị gia nhiệt, ta có:

$$a = (\xi_d - \xi_a) / (\xi_b - \xi_a)$$

(Thực vậy: môi chất vào: $F \cdot \xi_b$; môi chất ra: $(F - D) \cdot \xi_a + D \cdot \xi_d$; cân bằng 2 vế, suy ra điều cần chứng minh)

3. Thiết bị trao đổi nhiệt có $(a-1)$ kg dung dịch lỏng và a kg dung dịch đặc đi qua. Theo phương trình cân bằng nhiệt ta có:

$$(a-1) \cdot (h_3 - h_4) = a \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\text{suy ra } (a-1)/a = (h_2 - h_1) / (h_3 - h_4).$$

Chọn h_4 theo công thức: $t_4 = t_1 + (8 \div 12)^\circ\text{C}$

Xác định h_2 theo công thức: $h_2 = h_1 + (a-1) \cdot (h_3 - h_4)/a$

4. Phụ tải nhiệt riêng của thiết bị gia nhiệt I và thiết bị hồi lưu III: q_h, q_{hl}

$q_h = h_6 + (a-1) \cdot h_3 - a \cdot h_2 + q_r$ trong đó q_r : nhiệt lượng lấy đi ở thiết bị hồi lưu III.

5. Phụ tải nhiệt riêng của thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_6 - h_7$

6. Phụ tải nhiệt riêng của thiết bị bay hơi: $q_o = h_9 - h_8$

7. Phụ tải nhiệt riêng của thiết bị hấp thụ: $q_a = -a \cdot h_1 + h_{10} + (a-1) \cdot h_4 = h_{10} - h_4 + a \cdot (h_4 - h_1) = h_{10} - h_0$

8. Phụ tải nhiệt riêng của thiết bị hồi nhiệt: $q_{hn} = h_7 - h_8 = h_{10} - h_9$

9. Nhiệt lượng cấp vào: $q_h + q_o$

10. Nhiệt lượng nhả ra: $q_a + q_k + q_{hl}$

11. Hệ số nhiệt $z = q_o/q_h$

12. Nhiệt lượng được biểu diễn trên đồ thị $h - \xi$ (Tự chứng minh $0 \in \xi_d = \text{const}$)

13. Khối lượng môi chất đi qua thiết bị bay hơi bằng $D = Q_o/q_o$, kg/h

14. Phụ tải nhiệt của các thiết bị gia nhiệt: $Q_h = q_h \cdot D$

15. Phụ tải nhiệt của các thiết bị hấp thụ: $Q_a = q_a \cdot D$

16. Phụ tải nhiệt của các thiết bị ngưng tụ: $Q_k = q_k \cdot D$

17. Phụ tải nhiệt của các thiết bị trao đổi nhiệt: $Q_{tdn} = q_t \cdot D$

18. Phụ tải nhiệt của các thiết bị hồi nhiệt: $Q_{hn} = q_n \cdot D$

5.2.4 Quá trình ở các thiết bị chưng cất và hồi lưu:

Quá trình phân chia môi chất và chất hấp thụ được thực hiện nhờ tháp chưng cất và thiết bị hồi lưu (vẽ 1 tháp có đĩa chưng cất, đĩa phân phối lỏng và tầng đệm). Quá trình chưng cất là quá trình phân chia hỗn hợp bằng cách tác dụng trực tiếp giữa hơi và lỏng nhờ các tầng đĩa chưng cất và tầng đệm. Đầu tiên quá trình chưng cất thực hiện ở tầng đệm đối với dung dịch loãng ξ_a , lúc này hơi được làm lạnh từ nhiệt độ trung bình t_m ở thiết bị gia nhiệt tới nhiệt độ t_2 , ứng với nồng độ ξ_b .

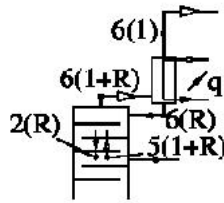
Tiếp theo quá trình chưng cất thực hiện ở tầng đĩa chưng cất nhờ dòng hồi lưu lấy từ thiết bị hồi lưu về tháp.

Tại thiết bị hồi lưu nồng độ hơi tăng lên nhờ làm lạnh ngưng tụ 1 phần hơi, phần ngưng tụ gọi là dòng hồi lưu và chảy về tháp chưng cất. Do đó thiết bị hồi lưu phải được đặt cao hơn đỉnh tháp chưng cất. Để làm ngưng tụ 1 phần hơi có 3 cách:

- Dùng nước làm mát
- Dùng dung dịch lạnh từ hấp thụ tới hồi lưu rồi đưa về trao đổi nhiệt.
- Trích 1 phần dung dịch lạnh từ hấp thụ tới hồi lưu rồi đưa về gia nhiệt (1kg).

Xét quá trình tạo dòng hồi lưu nhờ nước làm mát:

Nồng độ của luồng hơi đi ra khỏi thiết bị hồi lưu là ξ_d , theo phương trình cân bằng khối lượng, ta có:



Hình 5.4: Hệ số hồi lưu.

$$(1 + R) \cdot \xi_c = R \cdot \xi_b + 1 \cdot \xi_d$$

$$\Rightarrow R = (\xi_d - \xi_c) / (\xi_c - \xi_b)$$

Chu trình thực tế lấy $R_{tt} = (1,3 \div 1,5) R_{tk}$

Nhiệt lượng tỏa ra ở thiết bị hồi lưu được tính theo công thức sau:

$$q_{hl} = (1 + R) \cdot h_5 - h_6 - R \cdot h_2 = (1 + R) \cdot h_5 - h_6 - R \cdot h_2$$

q_{hl} được tính theo đồ thị như hình 5.3.

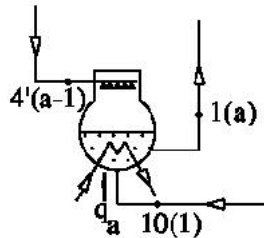
(Chứng minh: $q_{hl} = (h_5 - h_6) + R \cdot (h_5 - h_2)$, ta phải chứng minh: $R \cdot (h_5 - h_2) = h_{11} - h_{12}$.)

$$\text{Ta có: } R = \frac{\xi_d - \xi_c}{\xi_c - \xi_b} = \frac{11.5}{5.2} = \frac{11.12}{12.14} = \frac{h_{11} - h_{12}}{h_{12} - h_{14}}.$$

$$\text{Vậy } R \cdot (h_5 - h_2) = \frac{h_{11} - h_{12}}{h_{12} - h_{14}} \cdot (h_{12} - h_{14}) = h_{11} - h_{12}.$$

Cuối cùng ta có: $q_{hl} = h_{11} - h_6$.

5.2.5 Các chứng minh:



Hình 5.5: Hệ số tuần hoàn.

$$\text{Ta có } a = (\xi_d - \xi_a) / (\xi_r - \xi_a) \Rightarrow a - 1 = (\xi_d - \xi_r) / (\xi_r - \xi_a)$$

$$(a - 1) / a = (\xi_d - \xi_r) / (\xi_d - \xi_a) = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_3) = 0 - 4 / 0 - 3 = 0 - 1 / 0 - 2 \Rightarrow 0 \in \xi_d$$

$$q_a = h_{8'} - h_3 + a \cdot (h_3 - h_4) = h_{8'} - h_{11} + (\xi_d - \xi_a) \cdot (h_3 - h_4) / (\xi_r - \xi_a)$$

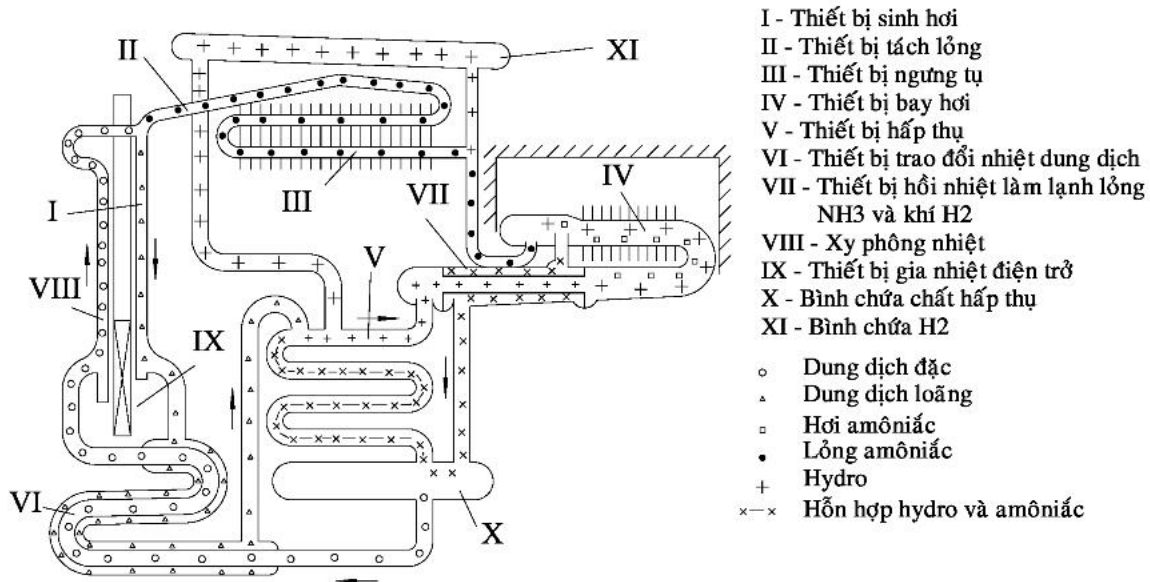
$$= h_{8'} - h_{11} + (h_{11} - h_0) \cdot (h_{11} - h_{12}) / (h_{11} - h_{12}) = h_{8'} - h_0$$

$$q_h \text{ chứng minh tương tự } a \cdot (h_2 - h_1) = h_9 - h_0$$

qr đã chứng minh trên.

5.3 CHU TRÌNH MÁY LẠNH HẤP THỤ KHUYẾT TÁN.

5.3.1 Sơ đồ nguyên lý:



Hình 5.6: Máy lạnh hấp thụ khuếch tán.

5.3.2 Chu trình lý thuyết:

Đặc điểm của máy lạnh hấp thụ loại nhỏ là không có bơm dung dịch trong hệ thống (Hình 5.6). Trong hệ thống có dung dịch H₂O-NH₃ và khí trơ thường là H₂. Hidrô nằm trong thiết bị bay hơi và thiết bị hấp thụ, do đó cân bằng áp suất trong toàn bộ hệ thống. Phân tích về mặt áp lực: Ở thiết bị gia nhiệt và thiết bị ngưng tụ áp lực được tạo thành do hơi NH₃ và phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường giải nhiệt. Ở thiết bị bay hơi và thiết bị hấp thụ áp lực được tạo thành do NH₃ và H₂, do đó phân áp suất của NH₃ ở thiết bị bay hơi và thiết bị hấp thụ nhỏ hơn ở thiết bị gia nhiệt và thiết bị ngưng tụ.

Việc sử dụng khí trơ cho phép cân bằng áp lực tại mọi điểm của hệ thống, do đó không sử dụng bơm và các loại van. Ở thiết bị bay hơi NH₃ không phải sôi mà là bay hơi, NH₃ khuếch tán vào H₂. Do đó còn được gọi là máy lạnh hấp thụ khuếch tán.

Dung dịch đặc được gia nhiệt ở xyphòng nhiệt VIII và tại thiết bị sinh hơi I bằng điện, gas, đèn dầu. Hơi bay lên đi vào thiết bị tách lỏng II được giải nhiệt bằng không khí và một phần lỏng được đưa trở lại thiết bị sinh hơi I, làm tăng nồng độ NH₃ của pha hơi ra khỏi thiết bị tách lỏng II, luồng hơi đi vào thiết bị ngưng tụ III được coi như hơi NH₃ sạch. NH₃ ngưng tụ thành lỏng ở thiết bị ngưng tụ và tự chảy đến thiết bị bay hơi IV. Do áp suất tổng của cả hệ thống là như nhau nên thiết bị ngưng tụ được đặt cao hơn thiết bị bay hơi để lỏng NH₃ tự chảy. Tại thiết bị bay hơi lỏng NH₃ bay hơi do nhận nhiệt Q₀ và hơi khuếch tán vào khí H₂, tạo thành hỗn hợp NH₃ - H₂. Hỗn hợp khí đi qua thiết bị hồi nhiệt VII tới thiết bị hấp thụ V nằm ở phía dưới. Ở thiết bị hấp thụ, hỗn hợp khí NH₃-H₂ tiếp xúc với dung dịch NH₃-H₂O loãng từ thiết bị gia nhiệt I tới, dung dịch loãng không chiếm toàn bộ tiết diện ống. Dung dịch loãng hấp thụ hơi NH₃ và nhả ra nhiệt lượng Q_a rồi nhả ra môi trường xung quanh. H₂ được giải phóng khỏi hỗn hợp khí tại thiết bị hấp thụ sẽ bay lên, đi qua thiết bị trao đổi nhiệt VII quay trở lại thiết bị bay hơi. H₂ tuần hoàn được là nhờ sự chênh lệch khối lượng riêng của hỗn hợp khí đặc lạnh đi xuống qua thiết bị bay hơi với hỗn hợp khí loãng nóng đi lên qua thiết bị hồi nhiệt VII.

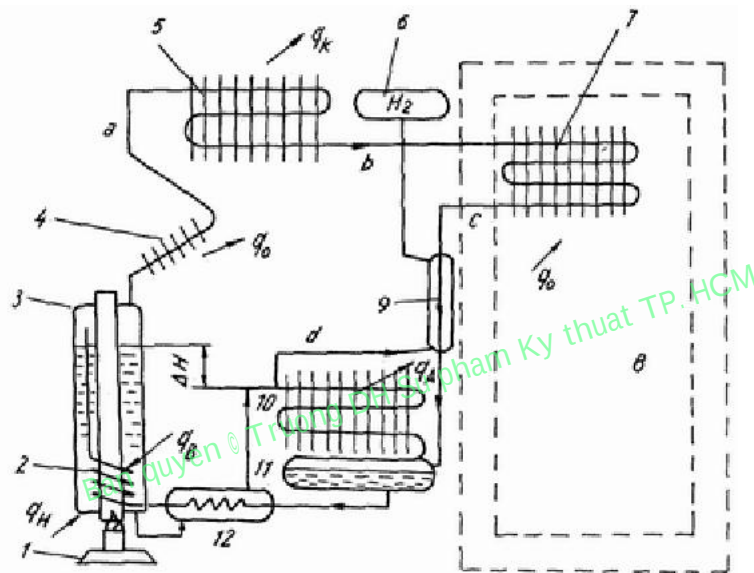
Tại thiết bị hồi nhiệt H₂ trước khi quay trở lại thiết bị bay hơi được làm lạnh bằng hỗn hợp khí ra khỏi thiết bị bay hơi và do đó làm tăng thêm hiệu quả của hệ thống. Dung dịch NH₃-H₂O đặc thu được ở thiết bị hấp thụ V đi qua thiết bị trao đổi nhiệt dung dịch VI tới thiết bị gia nhiệt I và VIII và chu trình tiếp tục...

Để dung dịch loãng từ thiết bị gia nhiệt chảy liên tục đều đặn tới thiết bị hấp thụ thì nước lỏng ở thiết bị gia nhiệt I & VIII phải cao hơn cao độ của thiết bị hấp thụ H. Dung dịch đặc đi

vào phía trên của thiết bị gia nhiệt phải thắng được trở lực cột áp tĩnh H tạo ra. Điều này được thực hiện nhờ xi phong nhiệt VIII. Dung dịch đặc trong ống xi phong sôi tạo ra khối lượng riêng khác giữa dung dịch đặc ở thiết bị hấp thụ với hỗn hợp ở ống xi phong và tạo thành lực đẩy hỗn hợp vào thiết bị gia nhiệt.

Máy lạnh hấp thụ khuếch tán có 3 vòng tuần hoàn: vòng tuần hoàn môi chất, dung dịch, H_2 , NH_3 tuần hoàn qua mọi thiết bị của hệ thống. Dung dịch tuần hoàn qua thiết bị gia nhiệt và thiết bị hấp thụ. H_2 tuần hoàn qua thiết bị bay hơi và thiết bị hấp thụ. Bình chứa XI chứa H_2 dùng cân bằng áp suất của hệ thống khi nhiệt độ không khí ở môi trường xung quanh thay đổi. Khi nhiệt độ không khí tăng thì NH_3 đẩy H_2 ra khỏi bình chứa XI và do đó làm tăng áp suất toàn hệ thống.

Hình 5.7 trình bày một sơ đồ khác của máy lạnh hấp thụ khuếch tán. Trong sơ đồ này bơm nhiệt được thể hiện rõ nét hơn.



Hình 5.7: Máy lạnh hấp thụ khuếch tán.

1. Nguồn nhiệt; 2. Ống xi phong nhiệt; 3. Thiết bị gia nhiệt; 4. Thiết bị phân chia; 5. Thiết bị ngưng tụ; 6. Bình chứa Hidrô; 7. Thiết bị bay hơi; 8. Ngăn lạnh; 9. Thiết bị trao đổi nhiệt hơi-khí; 10. Thiết bị hấp thụ; 11. Bình chứa phân ly; 12. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng lồng-lồng

Chu trình lý thuyết: Dung dịch đặc được gia nhiệt ở thiết bị gia nhiệt 3 bằng đèn dầu. Hơi bay lên đi vào bộ phân chia 4 được giải nhiệt bằng không khí và 1 phần lỏng được đưa trở lại làm tăng nồng độ NH_3 của pha hơi ra khỏi thiết bị phân chia 4, luồng hơi đi vào thiết bị ngưng tụ được coi như hơi NH_3 sạch. NH_3 ngưng tụ thành lỏng ở thiết bị ngưng tụ và tự chảy đến thiết bị bay hơi. Do áp suất tổng của cả hệ thống là như nhau nên thiết bị ngưng tụ được đặt cao hơn thiết bị bay hơi để lỏng NH_3 tự chảy. Tại thiết bị bay hơi lỏng NH_3 bay hơi do nhận nhiệt Q_0 và hơi khuếch tán vào khí H_2 , tạo thành hỗn hợp $NH_3 - H_2$. Hỗn hợp khí đi qua TB TĐN 9 tới thiết bị hấp thụ 10 nằm ở phía dưới. Ở thiết bị hấp thụ, hỗn hợp khí NH_3-H_2 tiếp xúc với dung dịch NH_3-H_2O loãng từ thiết bị gia nhiệt tới, dung dịch loãng hấp thụ hơi NH_3 và nhả ra nhiệt lượng Q_a rồi nhả ra môi trường xung quanh. H_2 được giải phóng khỏi hỗn hợp khí tại thiết bị hấp thụ sẽ bay lên, đi qua thiết bị trao đổi nhiệt quay trở lại thiết bị bay hơi. H_2 tuần hoàn được là nhờ sự chênh lệch khối lượng riêng của hỗn hợp khí đặc lạnh đi xuống qua TBBH với hỗn hợp khí loãng nóng đi lên qua thiết bị trao đổi nhiệt.

Tại thiết bị trao đổi nhiệt 9 H_2 trước khi quay trở lại thiết bị bay hơi được làm lạnh bằng hỗn hợp khí ra khỏi thiết bị bay hơi và do đó làm tăng thêm hiệu quả của hệ thống. Dung dịch

$\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ đặc thu được ở thiết bị hấp thụ đi qua thiết bị trao đổi nhiệt 12 tới thiết bị gia nhiệt và chu trình tiếp tục...

Để dung dịch loãng từ thiết bị gia nhiệt chảy liên tục đều đặn tới thiết bị hấp thụ thì nước lỏng ở thiết bị gia nhiệt phải cao hơn cao độ của thiết bị hấp thụ H. Dung dịch đặc đi vào phía trên của thiết bị gia nhiệt phải thắng được trở lực cột áp tĩnh H tạo ra. Điều này được thực hiện nhờ ống xi phong nhiệt 2. Ống xi phong nhiệt có đường kính 4,5 mm và quấn 2,3 vòng thật chặt vào bề mặt gia nhiệt của thiết bị gia nhiệt. Dung dịch đặc trong ống xi phong sôi tạo ra khối lượng riêng khác giữa dung dịch đặc ở thiết bị hấp thụ với hỗn hợp ở ống xi phong và tạo thành lực đẩy hỗn hợp vào thiết bị gia nhiệt.

Máy lạnh hấp thụ khuếch tán có 3 vòng tuần hoàn: vòng tuần hoàn môi chất, dung dịch, H_2 . NH_3 tuần hoàn qua mọi thiết bị của hệ thống. Dung dịch tuần hoàn qua thiết bị gia nhiệt và thiết bị hấp thụ. H_2 tuần hoàn qua thiết bị bay hơi và thiết bị hấp thụ. Bình chứa 6 chứa H_2 dùng cân bằng áp suất của hệ thống khi nhiệt độ không khí ở môi trường xung quanh thay đổi. Khi nhiệt độ không khí tăng thì NH_3 đẩy H_2 ra khỏi bình chứa 6 và do đó làm tăng áp suất toàn hệ thống.

5.3.3 Ưu điểm & nhược điểm:

Ưu điểm:

- Không có các bộ phận chuyển động cơ khí nên không gây ồn, tuổi thọ cao.
- Chế tạo đơn giản.
- Có thể dùng đèn dầu lửa gia nhiệt nên rẻ tiền.

Nhược điểm:

- Nếu dùng điện gia nhiệt thì năng lượng tốn hơn máy nén piston nhiều lần.
- Dùng đèn dầu thì bẩn, có nguy cơ hỏa hoạn.
- Khởi động chậm, điều chỉnh năng suất lạnh thủ công: vặn to hoặc nhỏ để gia nhiệt.

5.4 MÁY LẠNH EJECTOR:

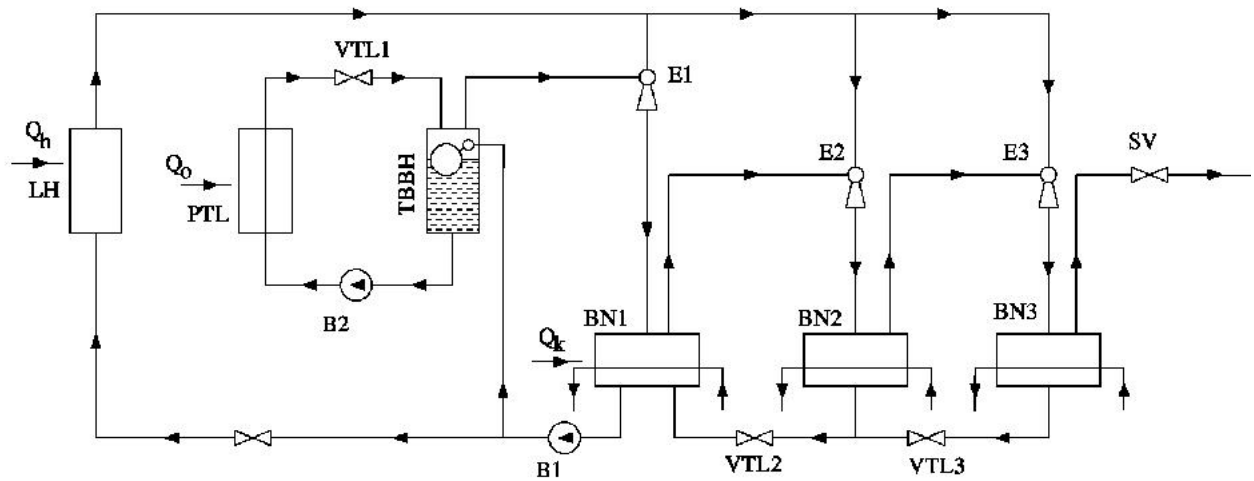
5.4.1 Các khái niệm chung:

Máy lạnh ejector thuộc loại máy lạnh sử dụng nhiệt năng. Cấu tạo máy lạnh có thể phân tích thành 2 chu trình: chu trình thuận sinh công, chu trình ngược tiêu thụ công mà chu trình thuận sinh ra. Các hệ số sử dụng năng lượng của máy lạnh ejector thấp hơn so với máy lạnh piston do các tổn thất không thuận nghịch rất lớn ở thiết bị ejector. Ngoài trừ bơm nước còn tất cả các bộ phận khác của hệ thống đều không có bộ phận chuyển động cơ học, cấu trúc đơn giản dễ vận hành, vốn đầu tư ban đầu ít, thời gian làm việc các thiết bị lớn, khối lượng bé, kích thước phù hợp nhỏ, có thể để ngoài trời không cần bao che, có thể sử dụng các nguồn nhiệt lượng có thể năng nhỏ nên thực tế kỹ thuật máy lạnh ejector vẫn được sử dụng.

Các môi chất làm lạnh ở máy lạnh ejector có thể dùng H_2O , NH_3 , Freon, song thực tế chỉ sử dụng máy lạnh ejector hơi nước.

Chúng ta chỉ nghiên cứu máy lạnh ejector hơi nước 1 cấp loại ngưng tụ bề mặt; không nghiên cứu loại pha dòng.

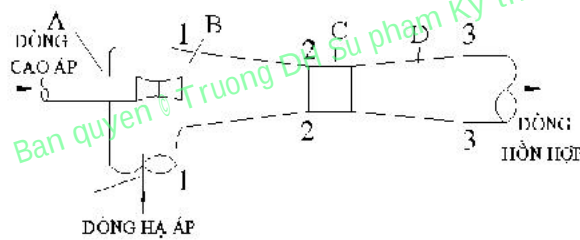
5.4.2 Sơ đồ:



Hình 5.8: Máy lạnh ejector hơi nước.

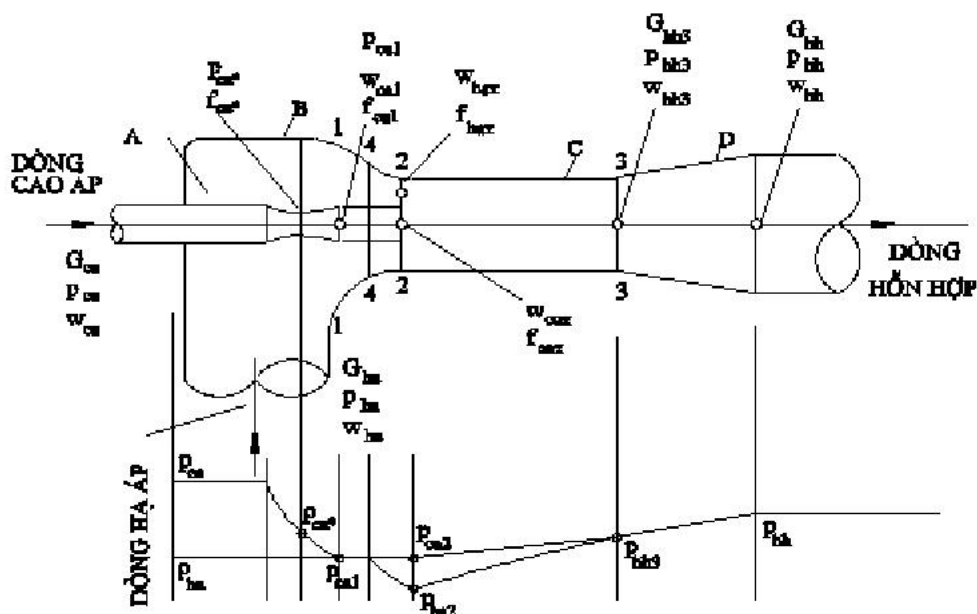
LH – lò hơi; E1, E2, E3 – ejector 1, 2, 3; BN1, BN2, BN3 – bình ngưng 1, 2, 3; VTL1, 2, 3 - van tiết lưu 1, 2, 3; B1, B2 – bơm 1, 2; PTL – phụ tải lạnh; TBBH – thiết bị bay hơi; SV – van chặn (Stop Valve).

5.4.3 Chu trình:



Hình 5.9: Thiết bị ejector.

A. Ống tăng tốc Lavan; B. Buồng thu hơi; C. Buồng hỗn hợp; D. Ống tăng áp.

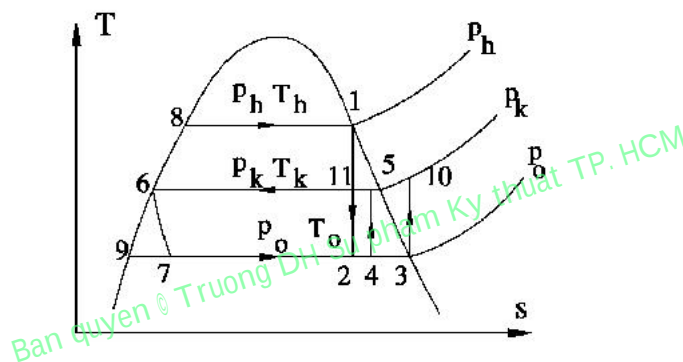


Hình 5.10: Thay đổi vận tốc của các dòng môi chất dọc theo ejector.

Hơi nước từ lò hơi LH đi vào thiết bị ejector E1 (hình 5.8) thực hiện quá trình dẫn nở, năng lượng của dòng biến thành động năng, luồng hơi đi ra khỏi ống tăng tốc Lavan A có vận tốc lớn, hút luồng hơi môi chất vào buồng hỗn hợp B, hỗn hợp đi vào ống hỗn hợp C rồi tới ống tăng áp D và động năng biến thành thế năng. Tiếp theo hỗn hợp đi vào bình ngưng BN1 ($p_h > p_k > p_o$). Hơi ngưng tụ được đưa trở về lò hơi LH và thông qua van phao điều chỉnh mức lỏng ở thiết bị bay hơi bằng bơm B1. Để cấp lạnh cho các phụ tải lạnh được thuận tiện ta sử dụng bơm B2 bơm nước lạnh đi (nhằm tránh hiện tượng sôi ở các dàn của phụ tải lạnh), do đó phải dùng van tiết lưu VTL1. Nhiệt độ nước ở thiết bị bay hơi $t_o > 0^\circ\text{C}$, thông thường $t = 4 \div 5^\circ\text{C}$. Do đó áp suất ở thiết bị bay hơi $p_o < 1 \text{ bar}$, nhỏ hơn áp suất khí quyển. Để tránh khí không ngưng tích tụ ở bình ngưng BN1 người ta sử dụng 2 ejector phụ E2, E3 tương ứng với 2 bình ngưng là BN2, BN3. Áp suất làm việc ở các bình ngưng như sau: $p_{BN1} < p_{BN2} < p_{BN3}$; $p_{BN3} > p = B$ (B - áp suất khí quyển). Nước ngưng tụ ở BN2, BN3 được đưa về BN1 nhờ các van tiết lưu VTL2, VTL3.

Hình 5.9 và hình 5.10 thể hiện các bộ phận cấu thành ejector và biến đổi vận tốc dọc theo ejector.

5.4.4 Đồ thị:



Hình 5.11: Đồ thị T-s máy lạnh ejector.

1 - Hơi bão hoà sau lò hơi; 2 - Thông số trạng thái sau vòi phun Lavan; 3 - Hơi bão hoà ở thiết bị bay hơi; 4 - Thông số trạng thái không khí ở buồng hỗn hợp; 5 - Thông số trạng thái sau E1, trước BN1; 6 - Thông số trạng thái lỏng ở BN1; 7 - Thông số trạng thái sau van phao tiết lưu ở thiết bị bay hơi; 8 - Thông số trạng thái trong LH; 9 - Thông số trạng thái lỏng ở BH; 10&11 - Thông số trạng thái để phân tích.

1-11 - Quá trình giãn nở đoạn nhiệt trong ống Lavan; 24 & 34: Các quá trình hỗn hợp 2 dòng hơi; 45: Quá trình tăng áp ở ống tăng áp.

Chu trình máy lạnh ejector được phân tích làm 2 chu trình như sau:

Chu trình thuận: 1-11-6-8-1

Chu trình nghịch: 3-10-6-7-3.

5.4.5 Tính toán chu trình:

Tính toán máy lạnh ejector thông thường dựa vào các đồ thị và các bảng cho sẵn theo các kết quả thực nghiệm, phụ thuộc rất lớn vào cấu tạo, đặc tính làm việc của thiết bị ejector. Chúng ta chỉ đưa ra công thức sau:

Nguồn nhiệt cấp vào:

- Ở lò hơi LH: Q_h
- Ở thiết bị bay hơi TBBH: Q_o

Nguồn nhiệt nhả ra ở bình ngưng BN: Q_k

Hệ số nhiệt của hệ thống: $\eta_t = Q_o/Q_h = (14 \div 18)\%$

CHƯƠNG 6: MÁY LẠNH NHIỆT ĐỘ THẤP (MÁY LẠNH CRYO)

6.1 KHÁI NIỆM MÁY LẠNH CRYO

Lạnh cryo là làm lạnh đến nhiệt độ $T_0 \leq -120^\circ\text{K}$. Trong thực tế kỹ thuật lạnh cryo là hóa lỏng không khí và các đơn khí của không khí như oxy O_2 , nitơ N_2 , hiđrô H_2 , điôxit cacbon CO_2 , acgông Ar_2 , xenông Xe_2 , kriptông Kr_2 .

Năm 1877 CO_2 , O_2 , N_2 đã được hóa lỏng bằng máy lạnh piston 4 tầng.

Năm 1898 H_2 đã được hóa lỏng nhờ làm quá lạnh trước van tiết lưu bằng N_2 lỏng bay hơi.

Năm 1908 thu được He_2 lỏng nhờ làm quá lạnh trước van tiết lưu bằng H_2 lỏng bay hơi.

Nhiệt độ sôi của các chất khí ở áp suất khí quyển lấy theo bảng sau:

Chất khí	$T_s, ^\circ\text{K}$	Chất khí	$T_s, ^\circ\text{K}$
Ôxy O_2	90,2	Nêôn Ne_2	27,5
Không khí	80	Hiđrô H_2	20,4
Nitơ N_2	77,4	Heli He_2	4,2

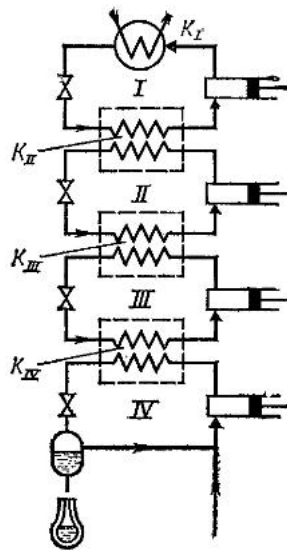
Ứng dụng lạnh cryo trong thực tế rất lớn:

1. Luyện kim: không khí đẩy vào các lò luyện gang, luyện thép, được làm giàu oxy tới $35 \div 40$, làm giảm khối lượng than, tăng năng suất và chất lượng gang thép.
2. Công nghệ hóa học: sử dụng nitơ sạch (nitơ kỹ thuật) để sản xuất amôniac, làm phân đạm, axit nitric; oxy dùng làm chất xúc tác trong một số phản ứng.
3. Cơ khí: sử dụng oxy trong việc hàn, cắt kim loại; acgông cho hàn cao áp.
4. Điện: khí trơ dùng để nạp vào các bóng đèn thấp sáng. He_2 lỏng dùng trong kỹ thuật siêu dẫn.
5. Kỹ thuật tên lửa, tàu vũ trụ: sử dụng oxy và hiđrô dạng lỏng.
6. Y tế: dùng nitơ lỏng bay hơi để bảo quản các phôi, máu khô, các dược liệu quý hiếm.

Thời gian đầu phát triển kỹ thuật lạnh cryo người ta sử dụng máy nén lạnh piston nhiều cấp và nhiều tầng rất phức tạp, chủ yếu thực hiện ở các phòng thí nghiệm. Năm 1939 chế tạo thành công turbine dẫn nở với hiệu suất cao, đạt 82%. Các máy lạnh cryo ngày nay sử dụng máy nén là piston hoặc turbine (công suất lớn), máy dẫn nở piston hoặc turbine kết hợp với van tiết lưu, sử dụng các thiết bị hồi nhiệt hoàn thiện, quá trình phân chia đơn khí được thực hiện ở các tháp chưng cất.

6.2 CÁC CHU TRÌNH LẠNH CRYO ĐƠN GIẢN

6.2.1. Chu trình Picter (Chu trình máy lạnh cryo ghép tầng)



Hình 6.1: Máy lạnh Picter.

Tầng 1: dùng nước làm ngưng tụ môi chất. Thiết bị bay hơi của tầng trên là thiết bị ngưng tụ của tầng dưới. Môi chất tầng dưới cùng là chất khí cần hóa lỏng (nitơ).

Đối với khí N_2 ta dùng 4 tầng với các môi chất như sau:

Tầng 1: Amôniac NH_3

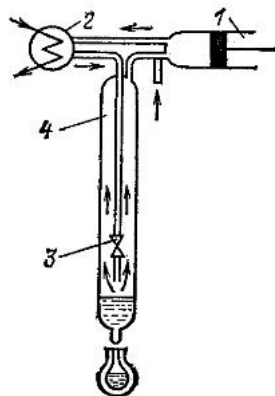
Tầng 2: Êtylen C_2H_4

Tầng 3: Ôxy O_2

Tầng 4: Không khí, Nitơ N_2

Bổ sung lượng môi chất ở tầng cuối lấy đi bằng cách đưa vào đầu hút của máy nén tầng cuối. Bằng phương pháp ghép tầng người ta đã thu được CO_2 , O_2 , N_2 lỏng. Do độ phức tạp ghép tầng, sự khó khăn tự động hóa, hiệu suất thấp nên phương pháp này ngày nay không được sử dụng.

6.2.2 Chu trình Linde: Sơ đồ, đồ thị, nguyên lý làm việc.



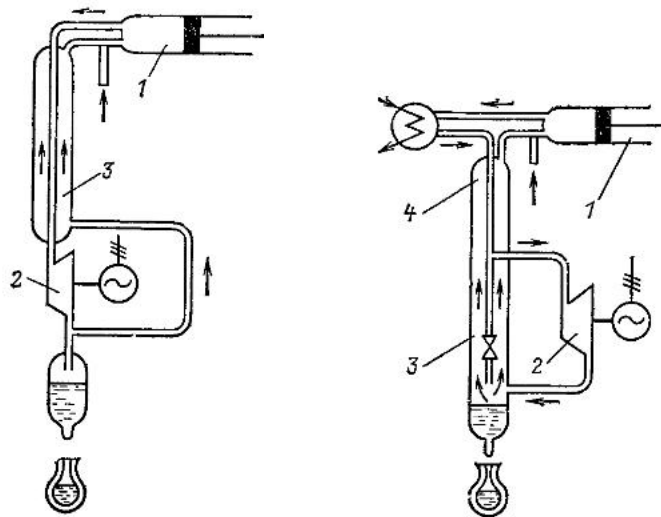
Hình 6.2: Chu trình Linde

Đơn giản hơn phương pháp Picter, đây là chu trình hồi nhiệt.

Máy nén nén môi chất tuần hoàn trong hệ thống. Đầu tiên khí ở thiết bị hồi nhiệt chưa có lỏng, lượng môi chất bổ sung bằng 0, do đó nhiệt độ môi chất trước van tiết lưu hạ dần từ t_{mt} xuống t_0 và ở thiết bị hồi nhiệt xuất hiện lượng lỏng. Thông thường áp suất đầu hút máy nén bằng áp suất khí quyển.

Bằng phương pháp Linde người ta đã thu được N_2 và He_2 lỏng.

6.2.3 Chu trình Clode: Sơ đồ nguyên lý, đồ thị



Hình 6.3: Chu trình Clode.

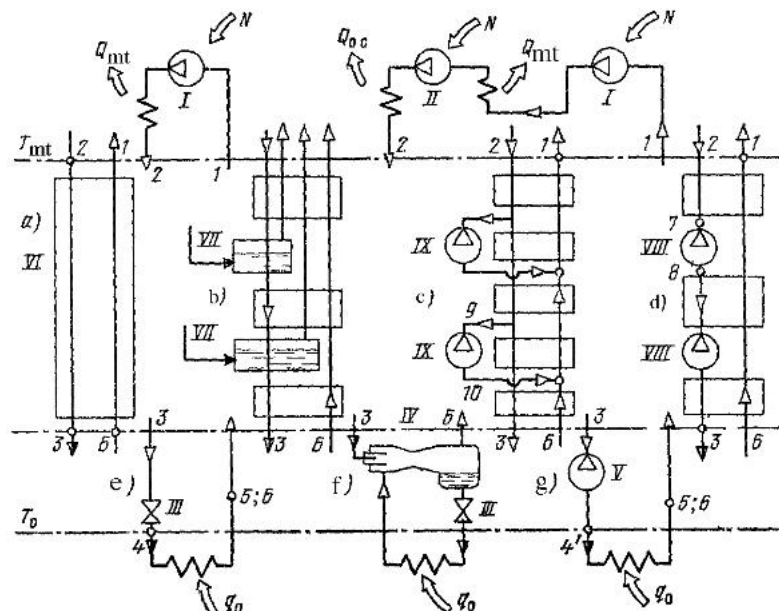
Là phương pháp sử dụng thiết bị hồi nhiệt kết hợp với máy dẫn nở; là chu trình nguyên lý của chu trình máy lạnh cryo ngày nay.

Do hiệu ứng làm lạnh $\alpha_h < \alpha_s$ nên chu trình Clode hạ nhiệt độ xuống nhanh hơn chu trình Linde. Lượng lỏng lấy đi chủ yếu bằng van tiết lưu. Máy dẫn nở dùng để phủ nhiệt lượng truyền vào hệ thống phân hạ áp khi làm việc ở chế độ tính toán (ổn định). Khi khởi động lần đầu van tiết lưu đóng hoàn toàn, toàn bộ môi chất đi qua máy dẫn nở cho đến khi xuất hiện lỏng, lúc này nhiệt độ các thiết bị hạ áp đã hạ xuống giá trị cần thiết.

Hệ thống lạnh năng suất nhỏ và vừa sử dụng máy nén và máy dẫn nở piston, hệ thống vừa và lớn sử dụng máy nén và máy dẫn nở turbin ($V > 10^4 \text{ m}^3 \text{ kk/h}$).

6.3 CÁC GIAI ĐOẠN NHIỆT ĐỘNG CƠ BẢN CỦA LẠNH CRYO.

6.3.1 Sơ đồ nguyên lý:



Hình 6.4: Các giai đoạn nhiệt động cơ bản lạnh nhiệt độ thấp.

I: Máy nén; II: Máy nén cao áp; III: Tiết lưu; IV: Ejector; V: Máy dẫn nở làm lạnh chính; VI: Thiết bị hồi nhiệt; VII: Thiết bị bay hơi môi chất lạnh bên ngoài; VIII: Máy dẫn nở mắc nối tiếp; IX: Máy dẫn nở mắc song song.

12 - Quá trình nén và làm mát ở thiết bị làm mát; 23 - Làm lạnh ở thiết bị hồi nhiệt; 34 - Tiết lưu; 34' - Dẫn nở; 45 & 4'5 - Bay hơi nhận nhiệt lượng q_0 ; 61 - Hồi nhiệt.

Các quá trình nhiệt động cơ bản của lạnh cryo gồm có:

- 1) Chuẩn bị môi chất lạnh.
- 2) Làm lạnh sơ bộ.
- 3) Làm lạnh chính.
- 4) Sử dụng lượng lạnh.

Giai đoạn 4 có thể ở ngay trong hệ thống lạnh (khi các đơn chất được lấy đi ở dạng khí ở nhiệt độ môi trường) hoặc ở ngoài hệ thống (khi các đơn chất lấy đi ở dạng lỏng bằng bình Dewa).

6.3.2 Phân tích các giai đoạn:

Giai đoạn 1: môi chất được nén từ p_0 tới p_k và làm mát đến t_2 gần bằng t_{mt} . Quá trình nén có thể 1 cấp hoặc nhiều cấp có làm mát trung gian.

Giai đoạn 2: làm lạnh sơ bộ môi chất được làm lạnh đến t_3 nhờ các thiết bị hồi nhiệt và các thiết bị trao đổi nhiệt:

Sơ đồ a: Nhờ thiết bị hồi nhiệt không dùng môi chất lạnh bên ngoài.

Sơ đồ b: Sử dụng hồi nhiệt kết hợp nguồn lạnh bên ngoài: môi chất phía trên là frêon với nhiệt độ sôi $t = -90^\circ\text{C} \div -50^\circ\text{C}$, môi chất lạnh phía dưới là N_2 hoặc H_2 lỏng. Đây là sơ đồ các bệnh viện (không có thiết bị hồi nhiệt).

Sơ đồ c: Làm lạnh bên trong nhờ các máy dẫn nở mắc song song.

Sơ đồ d: Làm lạnh bên trong nhờ các máy dẫn nở mắc nối tiếp.

Giai đoạn 3: Làm lạnh chính. Đưa nhiệt độ môi chất đến nhiệt độ cần thiết. Có 3 phương án độc lập:

Sơ đồ e: Dùng van tiết lưu – là sơ đồ đơn giản nhất.

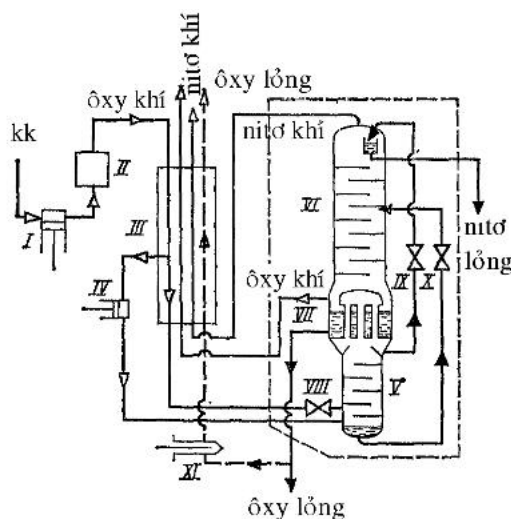
Sơ đồ f: Dùng van tiết lưu kết hợp ejector – có hiệu quả hơn.

Sơ đồ g: Dùng máy dẫn nở - có hiệu suất cao nhất, song là sơ đồ phức tạp nhất.

Thực tế lạnh cryo ở giai đoạn 3 sử dụng van tiết lưu kết hợp với máy dẫn nở.

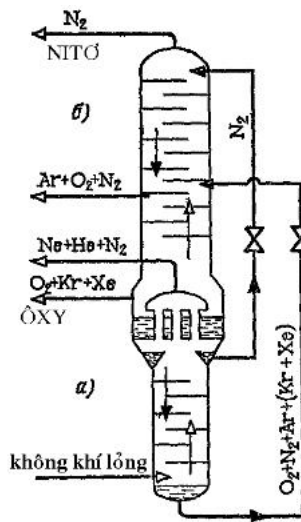
6.4 SƠ ĐỒ HÓA LỎNG KHÔNG KHÍ LOẠI TRUNG ÁP, CAO ÁP THU N_2 , O_2 .

6.4.1 Sơ đồ:



Hình 6.5: Sơ đồ hóa lỏng không khí trung áp, cao áp.

I - Máy nén; II - Thiết bị lọc ẩm lọc CO₂ trong không khí; III - Thiết bị hồi nhiệt; IV - Máy dẫn nở; V - Tháp chưng cất thứ nhất; VI - Tháp chưng cất thứ hai; VII - Thiết bị ngưng tụ – bay hơi; VIII - Van tiết lưu không khí; IX - Van tiết lưu nitơ; X - Van tiết lưu lỏng; XI – Bơm ôxy lỏng.



Hình 6.6: Tháp chưng cất kép.

6.4.2 Nguyên lý làm việc:

Thiết bị chính của hệ thống là tháp chưng cất kép (Hình 6.6) gồm tháp chưng cất dưới và tháp chưng cất trên, áp suất làm việc ở tháp chưng cất dưới cao hơn áp suất làm việc ở tháp chưng cất trên. Do đó lỏng từ tháp chưng cất dưới tự chảy lên tháp chưng cất trên qua các van tiết lưu VTL2 và VTL3 (Hình 6.5).

Tháp chưng cất dưới phân chia không khí sơ bộ ra thành phần dễ bay hơi (N₂) và khối lỏng giàu ôxy (36 ÷ 38%). Khí N₂ đi lên trên đỉnh tháp chưng cất dưới, lượng lỏng giàu O₂ đi xuống đáy tháp chưng cất dưới, rồi qua van tiết lưu VTL3 đi vào khoảng giữa tháp chưng cất trên. Ở tháp chưng cất trên quá trình phân chia không khí tiếp tục xảy ra, N₂ khí đi lên trên, O₂ lỏng đi xuống dưới. Nhiệt độ O₂ lỏng ở đáy tháp chưng cất trên thấp hơn nhiệt độ ngưng tụ của N₂ khí ở đỉnh tháp chưng cất dưới. Do đó N₂ khí ở đỉnh tháp chưng cất dưới ngưng tụ lại, một phần chảy xuống các tầng đĩa chưng cất của tháp chưng cất dưới làm dòng hồi lưu, phần còn lại đi lên đỉnh tháp chưng cất trên làm dòng hồi lưu cho tháp chưng cất trên qua van tiết lưu VTL2. Thông thường nhiệt độ ngưng tụ N₂ ở đỉnh tháp chưng cất dưới lớn hơn nhiệt độ O₂ lỏng ở đáy tháp chưng cất trên 1,5 ÷ 3K. O₂ và N₂ khí được đưa lên đi về thiết bị hồi nhiệt rồi đưa đến hệ tiêu thụ. Nếu không sử dụng N₂ khí thì đẩy vào khí quyển. Nếu cần sử dụng N₂ lỏng thì lấy ở đĩa phân phối dòng lỏng hồi lưu ở đỉnh tháp chưng cất trên, nếu không cần thì tất cả lỏng N₂ sẽ làm dòng hồi lưu. O₂ lỏng ở đáy tháp chưng cất trên được lấy đi sử dụng hoặc đưa qua bơm ôxy lỏng đi qua thiết bị hồi nhiệt để tận dụng lượng lạnh.

Áp lực làm việc tháp chưng cất dưới khoảng $p = 4,8 \div 5,2$ bar.

Áp lực làm việc tháp chưng cất trên khoảng $p = 1,4 \div 1,6$ bar.

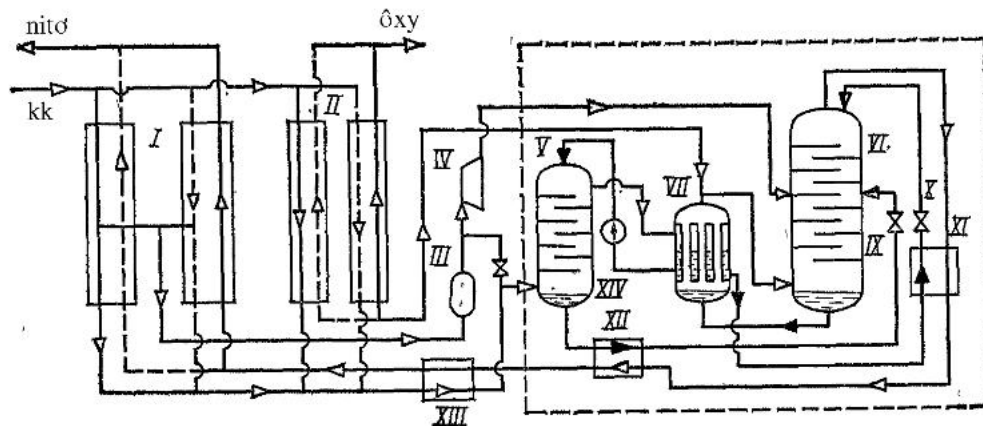
Nhiệt độ làm việc ở các tháp khoảng -200°C . Không khí đi vào máy nén rồi qua thiết bị làm mát tới thiết bị hồi nhiệt, gần giữa thiết bị hồi nhiệt trích ra một phần tới máy dẫn nở, phần lớn còn lại đi hết thiết bị hồi nhiệt tới van tiết lưu VTL1 đã hóa lỏng hoàn toàn. Máy dẫn nở dùng để làm lạnh hệ thống khi khởi động lần đầu, khi hoạt động ổn định để phủ tổn thất lạnh do truyền nhiệt ra môi trường xung và do các lượng lỏng lấy đi.

6.5 SƠ ĐỒ HÓA LỎNG KHÔNG KHÍ HẠ ÁP THU O₂, N₂.

Đối với các hệ thống công suất lớn tháp chưng cất kép trở nên rất cồng kềnh và nặng nề, do đó người ta chia tháp chưng cất kép thành 3 phần: tháp chưng cất cao áp (4,8 ÷ 5,2 bar), tháp

chưng cất hạ áp ($1,4 \div 1,6$ bar) và thiết bị trao đổi nhiệt giữa 2 tháp để tạo các dòng hồi lưu. Ngoài ra trong không khí có một lượng nhỏ H_2O và CO_2 sẽ đóng băng ở nhiệt độ $0^\circ C$ và $-80^\circ C$ ở thiết bị hồi nhiệt, do đó chu trình như 6.4 không thể làm việc liên tục được mà cần có thời gian để phá băng H_2O và CO_2 . Để hệ thống làm việc được liên tục ta chế tạo 2 thiết bị hồi nhiệt. Ngoài ra trong không khí có một số khí độc hại, gây cháy nổ trong oxy lỏng nên cần phải lọc sạch. Các vấn đề trên được giải quyết ở sơ đồ lạnh cryo hạ áp (Hình 6.7).

6.5.1 Sơ đồ:



Hình 6.7: Sơ đồ hóa lỏng không khí hạ áp.

I - Thiết bị hồi nhiệt nitơ; II - Thiết bị hồi nhiệt oxy; III - Bình hấp thụ CO_2 ; IV - Máy dẫn nổ turbine; V - Tháp chưng cất thứ nhất; VI - Tháp chưng cất thứ hai; VII - Thiết bị ngưng tụ - bay hơi; IX - Van tiết lưu nitơ; X - Van tiết lưu lỏng; XI - Thiết bị quá lạnh nitơ lỏng; XII - Thiết bị làm lạnh chất lỏng; XIII - Thiết bị gia nhiệt nitơ;

6.5.2 Nguyên lý làm việc: Tương tự 6.4

Về các thiết bị, khác 6.4 như sau:

Do các thiết bị chưng cất đặt trên cùng mặt bằng nên phải dùng bơm B để bơm N_2 lỏng từ các tủ trao đổi nhiệt lên đỉnh tháp chưng cất trên (T- tháp áp) tạo dòng hồi lưu cho tháp.

Các thiết bị hồi nhiệt chính là các thiết bị hồi nhiệt loại làm việc theo chu kỳ, trong các thiết bị hồi nhiệt này xếp các lá nhôm dạng sóng. Khi không khí đi vào thiết bị hồi nhiệt TBHN1 và thiết bị hồi nhiệt TBHN3 thì N_2 đi vào thiết bị hồi nhiệt TBHN2, O_2 vào thiết bị hồi nhiệt TBHN4 và ngược lại. Các thiết bị hồi nhiệt 5, 6, 7 làm việc liên tục, loại có vách ngăn. Băng H_2O và CO_2 được các dòng hồi nhiệt mang ra khỏi thiết bị hồi nhiệt.

Bộ lọc các chất gây cháy, nổ ra khỏi dòng không khí đi vào máy dẫn nổ (ví dụ H_2).

Do hệ thống lạnh cryo là thấp áp nên dòng không khí chính sau thiết bị hồi nhiệt đi trực tiếp vào tháp chưng cất trên không cần van tiết lưu.

PHỤ LỤC

BẢNG 1: BẢNG HƠI BẢO HÒA NH₃

t	p	v'	v''	h'	h''	r	s'	s''
°C	bar	dm ³ /kg	dm ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kg.°C)	kJ/(kg.°C)
-77	0,06427	1,36378	14844	-217,51	1260,59	1478,1	-2,8862	4,64937
-76	0,06952	1,36587	13789	-213,46	1262,57	1476,03	-2,8656	4,62123
-75	0,07513	1,36797	12820	-209,42	1264,54	1473,96	-2,8452	4,59344
-74	0,08113	1,37007	11930	-205,39	1266,51	1471,89	-2,8249	4,566
-73	0,08753	1,37219	11110	-201,34	1268,46	1469,8	-2,8046	4,53888
-72	0,09436	1,37432	10355	-197,28	1270,41	1467,68	-2,7844	4,5121
-71	0,10164	1,37646	9658,3	-193,21	1272,34	1465,56	-2,7642	4,48564
-70	0,10938	1,37861	9015,8	-189,12	1274,27	1463,39	-2,744	4,45949
-69	0,11763	1,38077	8422,7	-185,06	1276,2	1461,25	-2,7241	4,43367
-68	0,12639	1,38294	7874,5	-180,97	1278,11	1459,08	-2,7041	4,40815
-67	0,1357	1,38513	7367,3	-176,85	1280,01	1456,86	-2,6841	4,38292
-66	0,14559	1,38733	6898	-172,77	1281,91	1454,68	-2,6643	4,35801
-65	0,15608	1,38953	6463,2	-168,65	1283,8	1452,45	-2,6445	4,33338
-64	0,1672	1,39176	6060	-164,53	1285,68	1450,2	-2,6248	4,30903
-63	0,17898	1,39399	5685,9	-160,37	1287,54	1447,91	-2,6049	4,28496
-62	0,19145	1,39623	5338,6	-156,25	1289,4	1445,66	-2,5854	4,26119
-61	0,20464	1,39849	5015,9	-152,1	1291,25	1443,35	-2,5658	4,23767
-60	0,21859	1,40076	4715,8	-147,94	1293,09	1441,03	-2,5462	4,21443
-59	0,23333	1,40304	4436,6	-143,77	1294,93	1438,69	-2,5267	4,19144
-58	0,2489	1,40534	4176,6	-139,58	1296,75	1436,33	-2,5072	4,16872
-57	0,26533	1,40765	3934,3	-135,39	1298,56	1433,95	-2,4878	4,14625
-56	0,28265	1,40997	3708,3	-131,19	1300,36	1431,54	-2,4684	4,12403
-55	0,30091	1,4123	3497,5	-126,97	1302,15	1429,12	-2,449	4,10205
-54	0,32014	1,41465	3300,7	-122,75	1303,93	1426,68	-2,4297	4,08031
-53	0,34038	1,41701	3116,7	-118,48	1305,7	1424,17	-2,4103	4,0588
-52	0,36168	1,41938	2944,8	-114,26	1307,46	1421,7	-2,3912	4,03754
-51	0,38408	1,42177	2784	-110	1309,21	1419,21	-2,372	4,0165
-50	0,40762	1,42417	2633,4	-105,73	1310,94	1416,67	-2,3528	3,99568
-49	0,43234	1,42658	2492,4	-101,45	1312,67	1414,11	-2,3337	3,97508
-48	0,45829	1,42901	2360,1	-97,116	1314,38	1411,49	-2,3144	3,95469
-47	0,48551	1,43146	2236,1	-92,808	1316,08	1408,89	-2,2954	3,93451
-46	0,51406	1,43392	2119,8	-88,489	1317,77	1406,6	-2,2763	3,91456
-45	0,54398	1,43639	2010,6	-84,158	1319,45	1403,61	-2,2573	3,8948
-44	0,57532	1,43888	1908	-79,816	1321,11	1400,93	-2,2384	3,87524
-43	0,60813	1,44138	1811,5	-75,461	1322,77	1398,23	-2,2194	3,85588
-42	0,64246	1,4439	1720,8	-71,094	1324,41	1395,5	-2,2005	3,83671
-41	0,67837	1,44643	1635,4	-66,715	1326,03	1392,75	-2,1816	3,81773

-40	0,71591	1,44898	1555,1	-62,325	1327,65	1389,97	-2,1628	3,7989
-39	0,75513	1,45154	1479,4	-57,922	1329,25	1387,17	-2,144	3,78033
-38	0,7961	1,45412	1408	-53,507	1330,84	1384,34	-2,1252	3,7619
-37	0,83886	1,45671	1340,7	-49,081	1332,41	1381,49	-2,1064	3,74365
-36	0,88348	1,45933	1277,2	-44,643	1333,97	1378,61	-2,0768	3,72557
-35	0,93002	1,46195	1217,3	-40,193	1335,52	1375,71	-2,069	3,70766
-34	0,97853	1,4646	1160,7	-35,731	1337,05	1372,78	-2,0503	3,68992
-33	1,0291	1,46726	1107,2	-31,258	1338,56	1369,82	-2,0317	3,67234
-32	1,0817	1,46994	1056,6	-26,773	1340,06	1366,38	-2,0131	3,65492
-31	1,1365	1,47263	1008,8	-22,277	1341,55	1363,83	-1,9945	3,63766
-30	1,1936	1,47534	963,49	-17,77	1343,02	1360,79	-1,976	3,62055
-29	1,2529	1,47807	920,63	-13,251	1344,48	1357,73	-1,9575	3,6036
-28	1,3146	1,48082	880,04	-8,722	1345,92	1354,64	-1,939	3,58679
-27	1,3787	1,48359	841,57	-4,182	1347,35	1351,53	-1,9205	3,57013
-26	1,4453	1,48637	805,11	-0,369	1348,75	1348,39	-1,9021	3,55361
-25	1,5145	1,48917	770,52	4,931	1350,15	1345,22	-1,8838	3,53723
-24	1,5863	1,49199	737,7	9,503	1351,52	1342,02	-1,8654	3,52099
-23	1,6609	1,49483	706,55	14,085	1352,88	1338,8	-1,8471	3,50489
-22	1,7382	1,49769	676,97	18,677	1354,23	1335,55	-1,8288	3,48892
-21	1,8184	1,50057	648,86	23,279	1355,55	1332,27	-1,8106	3,47307
-20	1,9015	1,50347	622,14	27,891	1356,86	1328,97	-1,7924	3,45736
-19	1,9876	1,50638	596,73	32,512	1358,15	1325,64	-1,7742	3,44177
-18	2,0767	1,50932	572,57	37,142	1359,43	1322,28	-1,7561	3,4263
-17	2,1691	1,51228	549,57	41,781	1360,68	1318,9	-1,738	3,41096
-16	2,2647	1,51526	527,68	46,429	1361,92	1315,49	-1,7199	3,39573
-15	2,3636	1,51826	506,82	51,085	1363,14	1312,06	-1,7019	3,38061
-14	2,4659	1,52128	486,96	55,749	1364,34	1308,59	-1,684	3,36561
-13	2,5716	1,52432	468,02	60,421	1365,53	1305,1	-1,666	3,35072
-12	2,681	1,52739	449,97	65,102	1366,69	1301,59	-1,6481	3,33594
-11	2,7939	1,53047	432,75	69,789	1367,84	1298,05	-1,6303	3,32127
-10	2,9106	1,53358	416,32	74,484	1368,96	1294,48	-1,6125	3,3067
-9	3,0312	1,53671	400,63	79,185	1370,07	1290,88	-1,5947	3,2923
-8	3,1556	1,53986	385,65	83,893	1371,16	1287,26	-1,577	3,27786
-7	3,284	1,54304	371,35	88,607	1372,23	1283,62	-1,5593	3,26359
-6	3,4164	1,54624	357,68	93,328	1373,27	1279,95	-1,5417	3,24942
-5	3,5531	1,54947	344,61	98,054	1374,3	1276,25	-1,5241	3,23534
-4	3,6939	1,55272	332,12	102,786	1375,31	1272,53	-1,5066	3,22136
-3	3,8391	1,55599	320,17	107,522	1376,3	1268,78	-1,4891	3,20746
-2	3,9888	1,55929	308,74	112,264	1377,27	1265	-1,4717	3,19366
-1	4,1429	1,56261	297,79	117,01	1378,21	1261,2	-1,4543	3,17994
0	4,3017	1,56596	287,31	121,761	1379,14	1257,38	-1,437	3,16631
1	4,4652	1,56934	277,28	126,515	1380,05	1253,53	-1,4197	3,15275
2	4,6334	1,57274	267,66	131,273	1380,93	1249,66	-1,4024	3,13929

3	4,8066	1,57617	258,45	136,034	1381,79	1245,76	-1,3853	3,1259
4	4,9847	1,57963	249,61	140,799	1382,63	1241,84	-1,3682	3,11259
5	5,1679	1,58311	241,14	145,566	1383,45	1237,89	-1,3511	3,09935
6	5,3563	1,58663	233,02	150,335	1384,25	1233,92	-1,3341	3,08619
7	5,5499	1,59017	225,22	155,107	1385,03	1229,92	-1,3171	3,07311
8	5,7489	1,59374	217,74	159,88	1385,78	1225,9	-1,3002	3,0601
9	5,9534	1,59734	210,55	164,655	1386,52	1221,86	-1,2834	3,04715
10	6,1635	1,60097	203,65	169,431	1387,23	1217,8	-1,2666	3,03428
11	6,3792	1,60463	197,02	174,208	1387,92	1213,71	-1,2499	3,02147
12	6,6007	1,60832	190,65	178,986	1388,58	1209,6	-1,2332	3,00873
13	6,828	1,61204	184,53	183,764	1389,22	1205,46	-1,2166	2,99605
14	7,0613	1,61579	178,64	188,542	1389,84	1201,3	-1,2001	2,98344
15	7,3007	1,61958	172,98	193,32	1390,44	1197,12	-1,1836	2,97089
16	7,5462	1,6234	167,54	198,097	1391,02	1192,92	-1,1672	2,95839
17	7,798	1,62725	162,3	202,874	1391,57	1188,69	-1,1509	2,94596
18	8,0562	1,63114	157,25	207,649	1392,09	1184,44	-1,1346	2,93359
19	8,3209	1,63506	152,4	212,423	1392,6	1180,17	-1,1104	2,92127
20	8,5922	1,63902	147,72	217,196	1393,08	1175,88	-1,1022	2,909
21	8,8701	1,64301	143,22	221,967	1393,54	1171,57	-1,0861	2,89679
22	9,1548	1,64704	138,88	226,736	1393,97	1167,23	-1,0701	2,88463
23	9,4465	1,65111	134,69	231,502	1394,38	1162,88	-1,0541	2,87253
24	9,7452	1,65522	130,66	236,266	1394,76	1158,5	-1,0382	2,86047
25	10,051	1,65936	126,78	241,027	1395,12	1154,1	-1,0224	2,84846
26	10,364	1,66354	123,03	245,786	1395,46	1149,67	-1,0066	2,8365
27	10,684	1,66776	119,41	250,541	1395,77	1145,23	-0,991	2,82458
28	11,012	1,67203	115,92	255,293	1396,06	1140,77	-0,9753	2,81271
29	11,347	1,67633	112,56	260,042	1396,32	1136,28	-0,9598	2,80089
30	11,69	1,68068	109,3	264,787	1396,56	1131,78	-0,9443	2,7891
31	12,041	1,68507	106,17	269,528	1396,78	1127,25	-0,9289	2,77736
32	12,4	1,6895	103,13	274,265	1396,96	1122,7	-0,9135	2,76566
33	12,767	1,69398	100,21	278,998	1397,13	1118,13	-0,8982	2,754
34	13,141	1,6985	97,376	283,727	1397,27	1113,54	-0,883	2,74237
35	13,525	1,70307	94,641	288,452	1397,38	1108,93	-0,8679	2,73079
36	13,916	1,70769	91,998	293,172	1397,46	1104,29	-0,8528	2,71924
37	14,316	1,71235	89,442	297,888	1397,53	1099,64	-0,8378	2,70772
38	14,724	1,71707	86,97	302,599	1397,56	1094,96	-0,8228	2,69624
39	15,141	1,72183	84,58	307,306	1397,57	1090,27	-0,808	2,68479
40	15,567	1,72665	82,266	312,008	1397,55	1085,55	-0,7932	2,67337
41	16,002	1,73152	80,028	316,706	1397,51	1080,81	-0,7784	2,66199
42	16,446	1,73644	77,861	321,399	1397,44	1076,04	-0,7638	2,65063
43	16,899	1,74142	75,764	326,087	1397,35	1071,26	-0,7492	2,6393
44	17,362	1,74645	73,733	330,772	1397,22	1066,45	-0,7346	2,628
45	17,834	1,75154	71,766	335,451	1397,08	1061,62	-0,7201	2,61672

46	18,315	1,75668	69,86	340,127	1396,9	1056,77	-0,7057	2,60547
47	18,806	1,76189	68,014	344,798	1396,7	1051,9	-0,6914	2,59425
48	19,307	1,76716	66,225	349,465	1396,46	1047	-0,6771	2,58304
49	19,818	1,77249	64,491	354,128	1396,21	1042,08	-0,6629	2,57186
50	20,338	1,77788	62,809	358,787	1395,92	1037,13	-0,6487	2,5607
51	20,869	1,78334	61,179	363,443	1395,6	1032,16	-0,6347	2,54956
52	21,411	1,78887	59,598	368,095	1395,26	1027,17	-0,6206	2,53844
53	21,962	1,79446	58,064	372,745	1394,89	1022,15	-0,6066	2,52733
54	22,525	1,80013	56,576	377,391	1394,49	1017,1	-0,5927	2,51624
55	23,098	1,80586	55,132	382,035	1394,06	1012,03	-0,5789	2,50517
56	23,681	1,81167	53,73	386,677	1393,6	1006,93	-0,5651	2,4941
57	24,276	1,81755	52,369	391,317	1393,11	1001,8	-0,5513	2,48305
58	24,882	1,82352	51,048	395,956	1392,6	996,64	-0,5376	2,47201
59	25,499	1,82956	49,764	400,594	1392,05	991,455	-0,524	2,46099
60	26,127	1,83568	48,518	405,231	1391,47	986,239	-0,5104	2,44996
61	26,767	1,84189	47,307	409,868	1390,86	980,993	-0,4968	2,43895
62	27,419	1,84818	46,13	414,506	1390,22	975,715	-0,4833	2,42794
63	28,082	1,85456	44,986	419,145	1389,55	970,404	-0,4699	2,41694
64	28,758	1,86103	43,874	423,785	1388,85	965,06	-0,4565	2,40593
65	29,445	1,86759	42,793	428,428	1388,11	959,681	-0,4431	2,39493
66	30,145	1,87425	41,742	433,074	1387,34	954,266	-0,4298	2,38393
67	30,857	1,881	40,719	437,724	1386,54	948,314	-0,4165	2,37293
68	31,581	1,88786	39,724	442,378	1385,7	943,324	-0,4032	2,36192
69	32,318	1,89483	38,756	447,037	1384,83	937,794	-0,39	2,35091
70	33,068	1,9019	37,814	451,703	1383,93	932,223	-0,3768	2,33988
71	33,831	1,90908	36,897	456,376	1382,99	926,609	-0,3636	2,32885
72	34,607	1,91637	36,005	461,057	1382,01	920,951	-0,3505	2,31781
73	35,397	1,92378	35,135	465,748	1380,99	915,247	-0,3373	2,30678
74	36,2	1,93132	34,289	470,449	1379,94	909,495	-0,3242	2,29568
75	37,016	1,93898	33,464	475,161	1378,85	903,693	-0,3111	2,2846
76	37,846	1,94677	32,66	479,886	1377,73	897,84	-0,298	2,27349
77	38,691	1,95469	31,877	484,624	1376,56	891,933	-0,2849	2,26235
78	39,549	1,96275	31,114	489,379	1375,35	885,97	-0,2719	2,2512
79	40,422	1,97096	30,369	494,15	1374,1	879,949	-0,2588	2,24001
80	41,309	1,97931	29,644	498,939	1372,81	873,866	-0,2457	2,2288
81	42,211	1,98782	28,936	503,748	1371,47	867,72	-0,2326	2,21755
82	43,127	1,99648	28,245	508,579	1370,09	861,507	-0,2195	2,20626
83	44,059	2,00532	27,572	513,433	1368,66	855,225	-0,2069	2,19494
84	45,006	2,01432	26,914	516,313	1367,18	848,871	-0,1932	2,18357
85	45,968	2,02351	26,272	523,22	1365,66	842,44	-0,18	2,17216
86	46,946	2,03288	25,646	528,156	1364,09	835,93	-0,1668	2,16069
87	47,94	2,04244	25,034	533,124	1362,46	829,336	-0,1536	2,14917
88	48,949	2,05221	24,436	538,126	1360,78	822,655	-0,1403	2,13759

89	49,975	2,06218	23,852	543,164	1359,05	815,882	-0,1269	2,12595
----	--------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------

Bản quyền © Trường DH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

BẢNG 2: BẢNG HƠI QUÁ NHIỆT NH₃

t (°C)	v (m ³ /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/(kg.°K))
[p] = bar			
t = -70 p = 0,1094			
-70	9,016	1274,27	4,459
-65	9,242	1284,63	4,510
-60	9,468	1294,94	4,559
-55	9,694	1305,20	4,606
-50	9,920	1315,44	4,653
-45	10,146	1325,65	4,698
-40	10,371	1335,85	4,742
-35	10,596	1346,05	4,786
-30	10,821	1356,24	4,828
-25	11,046	1366,45	4,869
-20	11,271	1376,67	4,910
-10	11,720	1397,16	4,990
0	12,169	1417,75	5,066
10	12,617	1438,46	5,141
20	13,066	1459,31	5,213
30	13,514	1480,30	5,284
40	13,961	1501,46	5,352
50	14,409	1522,78	5,419
60	14,857	1544,27	5,484
70	15,304	1565,93	5,549
80	15,751	1587,77	5,611
90	16,198	1609,79	5,673
100	16,645	1631,98	5,733
110	17,092	1654,35	5,792
120	17,539	1676,89	5,851
130	17,986	1699,60	5,908
140	18,433	1722,48	5,964
150	18,879	1745,53	6,019
160	19,326	1768,74	6,073
170	19,773	1792,11	6,126
180	20,219	1815,64	6,179
190	20,666	1839,32	6,230
200	21,112	1863,15	6,281
t = -60 p = 0,2186			
-60	4,716	1293,090	4,214
-55	4,830	1303,460	4,262
-50	4,944	1313,800	4,309
-45	5,059	1324,110	4,355
-40	5,172	1334,390	4,400
-35	5,286	1344,670	4,443
-30	5,400	1354,940	4,486
-25	5,513	1365,220	4,528
-20	5,626	1375,500	4,569
-15	5,740	1385,800	4,609
-10	5,853	1396,110	4,649
0	6,079	1416,810	4,726
10	6,304	1437,610	4,801
20	6,529	1458,530	4,873
30	6,754	1479,600	4,944
40	6,979	1500,820	5,013
50	7,204	1522,200	5,080
60	7,428	1543,740	5,146
70	7,653	1565,450	5,210
80	7,877	1587,330	5,273
90	8,101	1609,390	5,334
100	8,325	1631,610	5,395
110	8,549	1654,010	5,454
120	8,773	1676,580	5,512
130	8,997	1699,320	5,569
140	9,221	1722,220	5,625
t = -65 p = 0,1561			
-65	6,463	1283,80	4,333
-60	6,622	1294,15	4,382
-55	6,788	1304,46	4,443
-50	6,941	1314,74	4,477
-45	7,099	1324,99	4,522
-40	7,258	1335,23	4,567
-35	7,416	1345,46	4,610
-30	7,575	1355,69	4,653
-25	7,733	1365,92	4,694
-20	7,891	1376,17	4,735
-10	8,207	1396,71	4,815
0	8,522	1417,35	4,892

150	9,444	1745,290	5,680
160	9,668	1768,520	5,734
170	9,892	1791,910	5,788
180	10,115	1815,450	5,841
190	10,339	1839,150	5,892
200	10,563	1862,990	5,943

t = -55 p = 0,3009

-55	3,497	1302,150	4,102
-50	3,581	1312,560	4,149
-45	3,665	1322,940	4,195
-40	3,748	1333,290	4,240
-35	3,831	1343,630	4,284
-30	3,914	1353,960	4,327
-25	3,997	1364,290	4,369
-20	4,080	1374,620	4,410
-15	4,163	1384,960	4,451
-10	4,245	1395,320	4,490

0	4,410	1416,090	4,568
10	4,574	1436,960	4,643
20	4,739	1457,950	4,716
30	4,902	1479,070	4,786
40	5,066	1500,340	4,855
50	5,230	1521,760	4,923
60	5,393	1543,340	4,989
70	5,556	1565,080	5,053
80	5,720	1587,000	5,116
90	5,883	1609,080	5,177
100	6,046	1631,330	5,231
110	6,209	1653,760	5,297
120	6,371	1676,340	5,356
130	6,534	1699,100	5,413
140	6,697	1722,020	5,469
150	6,860	1745,110	5,524
160	7,022	1768,350	5,578
170	7,185	1791,750	5,632
180	7,347	1815,310	5,684
190	7,510	1839,020	5,736
200	7,672	1862,880	5,787

t = -50 p = 0,4076

-50	2,633	1310,94	3,996
-45	2,696	1321,41	4,042
-40	2,758	1331,85	4,087
-35	2,82	1342,27	4,132
-30	2,882	1352,68	4,175
-25	2,943	1363,07	4,217
-20	3,005	1373,47	4,259
-15	3,066	1383,88	4,299
-10	3,128	1394,29	4,339
-5	3,189	1404,72	4,378

0	3,25	1415,16	4,417
10	3,372	1436,12	4,492
20	3,494	1457,19	4,566

30	3,615	1478,38	4,637
40	3,735	1499,71	4,706
50	3,857	1521,19	4,773
60	3,978	1542,82	4,839
70	4,099	1564,61	4,904
80	4,22	1586,57	4,967
90	4,34	1608,69	5,029
100	4,461	1630,97	5,089
110	4,581	1653,42	5,148
120	4,702	1676,04	5,207
130	4,822	1698,82	5,264
140	4,942	1721,77	5,32
150	5,062	1744,87	5,375
160	5,182	1768,14	5,43
170	5,303	1791,56	5,483
180	5,423	1815,13	5,536
190	5,543	1838,85	5,588
200	5,663	1862,72	5,639

t = -45 p = 0,544

-45	2,011	1319,45	3,895
-40	2,058	1330,39	3,94
-35	2,105	1340,53	3,985
-30	2,152	1351,03	4,029
-25	2,198	1361,52	4,072
-20	2,245	1372	4,113
-15	2,291	1382,48	4,154
-10	2,337	1392,97	4,195
-5	2,384	1403,46	4,234
0	2,43	1413,97	4,273

10	2,522	1435,05	4,349
20	2,614	1456,22	4,422
30	2,705	1477,5	4,494
40	2,796	1498,91	4,563
50	2,887	1520,46	4,631
60	2,978	1542,16	4,7
70	3,069	1564,01	4,762
80	3,160	1586,01	4,825
90	3,25	1608,18	4,887

100	3,341	1630,51	4,947
110	3,431	1653	5,007
120	3,522	1675,65	5,065
130	3,612	1698,47	5,122
140	3,702	1721,44	5,179
150	3,792	1744,57	5,234
160	3,882	1767,86	5,288
170	3,972	1791,3	5,342
180	4,062	1814,9	5,395
190	4,152	1838,64	5,446
200	4,242	1862,53	5,497

t = -40 p = 0,7159

-40	1,555	1327,650	3,799
-35	1,591	1338,310	3,844

-30	1,627	1348,930	3,888
-25	1,663	1359,540	3,932
-20	1,699	1370,130	3,974
-15	1,735	1380,710	4,015
-10	1,770	1391,290	4,056
-5	1,806	1401,870	4,096
0	1,841	1412,460	4,135
5	1,876	1423,070	4,173
10	1,912	1433,690	4,211
20	1,982	1454,990	4,285
30	2,052	1476,390	4,357
40	2,121	1497,900	4,426
50	2,191	1519,540	4,494
60	2,260	1541,320	4,561
70	2,330	1563,240	4,626
80	2,399	1585,320	4,689
90	2,468	1607,540	4,751
100	2,537	1629,930	4,812
110	2,605	1652,470	4,872
120	2,674	1675,160	4,930
130	2,743	1698,020	4,988
140	2,812	1721,030	5,044
150	2,880	1744,190	5,099
160	2,949	1767,510	5,154
170	3,017	1790,800	5,207
180	3,086	1814,000	5,260
190	3,154	1838,370	5,312
200	3,223	1862,280	5,363
t = -35 p = 0,93			
-35	1,217	1335,520	3,708
-30	1,245	1346,300	3,752
-25	1,274	1357,050	3,796
-20	1,302	1367,780	3,839
-15	1,329	1378,490	3,881
-10	1,357	1389,190	3,922
-5	1,384	1399,880	3,962
0	1,412	1410,580	4,002
5	1,440	1421,280	4,040
10	1,467	1431,990	4,079
20	1,521	1453,450	4,153
30	1,576	1474,990	4,226
40	1,630	1496,640	4,296
50	1,684	1518,390	4,364
60	1,737	1540,280	4,431
70	1,791	1562,290	4,496
80	1,844	1584,440	4,560
90	1,898	1606,750	4,622
100	1,951	1629,200	4,683
110	2,004	1651,800	4,742
120	2,057	1674,550	4,801
130	2,110	1697,450	4,859
140	2,163	1720,510	4,915

150	2,216	1743,720	4,971
160	2,269	1767,080	5,025
170	2,322	1790,590	5,079
180	2,374	1814,240	5,132
190	2,427	1838,040	5,184
200	2,480	1861,970	5,235
t = -30 p = 1,1936			
-30	0,964	1343,020	3,620
-25	0,986	1353,930	3,665
-20	1,008	1364,830	3,709
-15	1,030	1375,730	3,751
-10	1,052	1386,530	3,793
-5	1,074	1397,410	3,833
0	1,096	1408,240	3,873
5	1,117	1419,060	3,913
10	1,139	1429,880	3,951
15	1,160	1440,710	3,989
20	1,182	1451,550	4,026
30	1,224	1473,270	4,099
40	1,267	1495,080	4,170
50	1,309	1516,980	4,239
60	1,351	1538,980	4,306
70	1,393	1561,110	4,372
80	1,435	1583,370	4,435
90	1,477	1605,770	4,498
100	1,518	1628,300	4,559
110	1,560	1650,980	4,619
120	1,601	1673,800	4,678
130	1,643	1696,770	4,736
140	1,684	1719,880	4,792
150	1,725	1749,140	4,848
160	1,767	1766,550	4,902
170	1,808	1790,100	4,956
180	1,849	1813,790	5,009
190	1,890	1837,620	5,061
200	1,931	1861,590	5,112
t = -25 p = 1,5145			
-25	0,771	1350,150	3,537
-20	0,788	1361,260	3,582
-15	0,806	1372,340	3,625
-10	0,824	1383,370	3,667
-5	0,841	1394,380	3,709
0	0,859	1405,360	3,749
5	0,876	1416,330	3,789
10	0,893	1427,300	3,828
15	0,910	1438,260	3,866
20	0,928	1449,220	3,904
30	0,962	1471,170	3,978
40	0,995	1493,170	4,049
50	1,029	1515,240	4,119
60	1,062	1537,410	4,186
70	1,096	1559,680	4,252

80	1,129	1582,060	4,316	30	0,6104	1465,54	3,74
90	1,162	1604,570	4,379	40	0,6326	1488,08	3,82
100	1,195	1627,210	4,441	50	0,6546	1510,62	3,89
110	1,228	1649,980	4,501	60	0,6765	1533,21	3,959
120	1,260	1672,880	4,540	70	0,6982	1555,86	4,02
130	1,293	1695,930	4,618	80	0,7199	1578,58	4,092
140	1,326	1719,110	4,675	90	0,7414	1601,39	4,155
150	1,359	1742,430	4,730	100	0,7628	1624,3	4,217
160	1,391	1765,900	4,785	110	0,7841	1647,32	4,278
170	1,424	1789,500	4,839	120	0,8053	1670,45	4,338
180	1,456	1813,240	4,892	130	0,8265	1693,7	4,396
190	1,489	1837,120	4,944	140	0,8476	1717,06	4,454
200	1,521	1861,130	4,995	150	0,8687	1740,56	4,51
t = -20 p = 1,9015				160	0,8898	1764,18	4,565
-20	0,6221	1356,86	3,457	170	0,9107	1787,92	4,619
-15	0,6366	1368,18	3,502	180	0,9317	1811,79	4,672
-10	0,651	1379,45	3,545	190	0,9526	1835,78	4,725
-5	0,6652	1390,67	3,587	200	0,9735	1859,91	4,776
0	0,6794	1401,86	3,628	t = -10 p = 2,9100			
5	0,6934	1413,02	3,669	-10	0,4163	1368,96	3,307
10	0,7074	1424,15	3,709	-5	0,4262	1380,78	3,351
15	0,7213	1435,28	3,748	0	0,4359	1392,52	3,394
20	0,7352	1446,39	3,786	5	0,4456	1404,20	3,437
25	0,7489	1457,5	3,823	10	0,4551	1415,81	3,478
30	0,7626	1468,61	3,86	15	0,4646	1427,37	3,519
40	0,7898	1490,86	3,932	20	0,4740	1438,90	3,558
50	0,8169	1513,14	4,002	25	0,4834	1450,39	3,597
60	0,8438	1535,5	4,071	30	0,4926	1461,86	3,635
70	0,8705	1557,94	4,137	35	0,5018	1473,32	3,673
80	0,8971	1580,48	4,202	40	0,5110	1484,76	3,710
90	0,9236	1603,12	4,265	50	0,5292	1507,62	3,782
100	0,9501	1625,88	4,327	60	0,5472	1530,49	3,851
110	0,9764	1646,77	4,387	70	0,5650	1553,38	3,919
120	1,003	1671,78	4,447	80	0,5827	1576,32	3,985
130	1,029	1694,91	4,505	90	0,6004	1599,33	4,049
140	1,055	1718,18	4,562	100	0,6179	1622,42	4,112
150	1,081	1741,58	4,618	110	0,6353	1645,60	4,173
160	1,107	1765,11	4,673	120	0,6527	1668,87	4,233
170	1,133	1788,78	4,727	130	0,6700	1692,25	4,292
180	1,159	1812,58	4,78	140	0,6872	1715,74	4,349
190	1,185	1836,51	4,832	150	0,7044	1739,34	4,406
200	1,211	1860,58	4,884	160	0,7216	1763,06	4,461
t = -15 p = 2,3636				170	0,7387	1786,90	4,516
-15	0,5068	1363,14	3,381	180	0,7558	1810,85	4,569
-10	0,5187	1374,7	3,425	190	0,7728	1834,92	4,622
-5	0,5305	1386,19	3,468	200	0,7898	1859,12	4,673
0	0,5422	1397,62	3,51	t = -5 p = 3,5531			
5	0,5537	1409,01	3,552	-5	0,3446	1374,30	3,235
10	0,5652	1420,36	3,592	0	0,3529	1386,42	3,280
15	0,5766	1431,68	3,632	5	0,3610	1398,44	3,324
20	0,5879	1442,98	3,671	10	0,3691	1410,38	3,360
25	0,5992	1454,26	3,709	15	0,3771	1422,24	3,408

20	0,3850	1434,04	3,448
25	0,3928	1445,79	3,488
30	0,4006	1457,50	3,527
35	0,4083	1469,18	3,565
40	0,4160	1480,82	3,603
50	0,4311	1504,00	3,670
60	0,4461	1527,26	3,740
70	0,4609	1550,45	3,815
80	0,4756	1573,66	3,882
90	0,4902	1596,90	3,947
100	0,5047	1620,20	4,010
110	0,5191	1643,57	4,072
120	0,5334	1667,02	4,132
130	0,5477	1690,56	4,191
140	0,5620	1714,19	4,249
150	0,5761	1737,92	4,306
160	0,5902	1761,75	4,362
170	0,6043	1785,70	4,416
180	0,6184	1809,75	4,470
190	0,6324	1833,91	4,523
200	0,6464	1858,19	4,574

t = 0 p = 4,3017

0	0,2873	1379,14	3,167
5	0,2972	1391,59	3,211
10	0,3012	1403,92	3,255
15	0,3060	1416,15	3,298
20	0,3148	1428,29	3,340
25	0,3214	1440,35	3,381
30	0,3280	1452,34	3,421
35	0,3345	1464,29	3,460
40	0,3410	1470,17	3,498
45	0,3474	1488,05	3,536
50	0,3538	1499,88	3,572
60	0,3604	1523,48	3,644
70	0,3788	1547,02	3,714
80	0,3912	1570,54	3,782
90	0,4034	1594,06	3,847
100	0,4155	1617,61	3,911
110	0,4275	1641,20	3,974
120	0,4394	1664,85	4,035
130	0,4513	1688,57	4,094
140	0,4632	1712,37	4,152
150	0,4749	1736,25	4,210
160	0,4867	1760,22	4,266
170	0,4984	1784,29	4,321
180	0,5100	1808,46	4,374
190	0,5216	1832,73	4,427
200	0,5332	1857,10	4,480

t = 5 p = 5,1679

5	0,2411	1383,45	3,099
10	0,2471	1396,28	3,145
15	0,2530	1408,95	3,189

20	0,2588	1421,50	3,232
25	0,2646	1433,94	3,275
30	0,2702	1446,28	3,316
35	0,2758	1458,55	3,356
40	0,2813	1470,75	3,395
45	0,2868	1482,89	3,434
50	0,2922	1494,98	3,471
60	0,3030	1519,05	3,545
70	0,3135	1543,01	3,616
80	0,3240	1566,90	3,684
90	0,3343	1590,74	3,751
100	0,3445	1614,59	3,816
110	0,3546	1638,44	3,878
120	0,3647	1662,33	3,940
130	0,3746	1686,26	4,000
140	0,3846	1710,26	4,059
150	0,3944	1734,32	4,116
160	0,4043	1758,45	4,173
170	0,4141	1782,66	4,228
180	0,4238	1806,97	4,282
190	0,4335	1831,36	4,336
200	0,4432	1855,85	4,388

t = 10 p = 6,1635

10	0,2036	1387,23	3,034
15	0,2088	1400,46	3,080
20	0,2139	1413,51	3,126
25	0,2189	1426,41	3,169
30	0,2238	1439,18	3,212
35	0,2287	1451,84	3,253
40	0,2334	1464,40	3,293
45	0,2382	1476,88	3,333
50	0,2428	1489,28	3,372
55	0,2475	1501,62	3,410
60	0,2521	1513,91	3,447
70	0,2611	1538,36	3,519
80	0,2700	1562,68	3,589
90	0,2788	1586,91	3,656
100	0,2875	1611,10	3,722
110	0,2961	1635,26	3,786
120	0,3046	1659,42	3,848
130	0,3131	1683,60	3,909
140	0,3215	1707,82	3,968
150	0,3299	1732,08	4,026
160	0,3382	1756,40	4,083
170	0,3464	1780,79	4,139
180	0,3547	1805,25	4,194
190	0,3628	1829,78	4,247
200	0,3710	1854,40	4,300

t = 15 p = 7,3007

15	0,1730	1390,44	2,971
20	0,1775	1404,12	3,018
25	0,1819	1417,59	3,064

30	0,1862	1430,88	3,108	50	0,1435	1466,14	3,077
35	0,1905	1444,01	3,151	55	0,1466	1479,73	3,119
40	0,1947	1457,00	3,192	60	0,1497	1493,17	3,160
45	0,1988	1469,88	3,233	65	0,1528	1506,49	3,199
50	0,2029	1482,00	3,273	70	0,1558	1519,70	3,238
55	0,2069	1495,34	3,312	80	0,1617	1545,82	3,313
60	0,2109	1507,95	3,350	90	0,1674	1571,64	3,385
70	0,2187	1532,98	3,424	100	0,1731	1597,23	3,455
80	0,2264	1557,81	3,496	110	0,1787	1622,64	3,522
90	0,2340	1582,49	3,564	120	0,1841	1647,91	3,587
100	0,2414	1607,08	3,631	130	0,1896	1673,10	3,650
110	0,2488	1631,60	3,696	140	0,1949	1698,21	3,712
120	0,2561	1656,08	3,759	150	0,2002	1723,29	3,772
130	0,2634	1680,55	3,821	160	0,2054	1748,35	3,830
140	0,2705	1705,03	3,881	170	0,2106	1773,41	3,888
150	0,2776	1729,52	3,939	180	0,2158	1798,48	3,944
160	0,2847	1754,06	3,996	190	0,2210	1823,57	3,998
170	0,2918	1778,64	4,053	200	0,2260	1848,70	4,052
180	0,2987	1803,28	4,108	t = 30 p = 11,690			
190	0,3057	1827,97	4,162	30	0,1039	1396,56	2,789
200	0,3126	1852,74	4,214	35	0,1124	1411,88	2,839
t = 20 p = 8,5922				40	0,1155	1426,84	2,887
20	0,1477	1393,08	2,909	45	0,1184	1441,51	2,934
25	0,1517	1407,25	2,957	50	0,1213	1455,92	2,979
30	0,1555	1421,18	3,003	55	0,1241	1470,10	3,022
35	0,1593	1434,89	3,048	60	0,1269	1484,09	3,064
40	0,1630	1448,41	3,092	65	0,1296	1497,90	3,106
45	0,1667	1461,77	3,134	70	0,1323	1511,57	3,146
50	0,1703	1474,99	3,175	75	0,1349	1525,10	3,185
55	0,1738	1488,09	3,215	80	0,1375	1538,52	3,223
60	0,1773	1501,08	3,255	90	0,1426	1565,05	3,297
65	0,1808	1513,98	3,293	100	0,1476	1591,26	3,369
70	0,1842	1526,79	3,331	110	0,1525	1617,22	3,437
80	0,1909	1552,22	3,404	120	0,1573	1642,98	3,504
90	0,1974	1577,43	3,474	130	0,1621	1668,60	3,568
100	0,2039	1602,28	3,542	140	0,1667	1694,11	3,630
110	0,2103	1627,41	3,608	150	0,1714	1719,54	3,691
120	0,2166	1652,26	3,672	160	0,1759	1744,92	3,751
130	0,2228	1677,06	3,734	170	0,1804	1770,27	3,808
140	0,2290	1701,84	3,795	180	0,1849	1795,60	3,865
150	0,2351	1720,61	3,854	190	0,1894	1820,94	3,920
160	0,2412	1751,39	3,912	200	0,1938	1846,28	3,974
170	0,2472	1776,19	3,969	t = 35 p = 13,525			
180	0,2532	1801,03	4,024	35	0,0946	1397,38	2,731
190	0,2592	1825,91	4,079	40	0,0974	1413,35	2,782
200	0,2651	1850,85	4,132	45	0,1002	1428,90	2,831
t = 25 p = 10,051				50	0,1028	1444,11	2,879
25	0,1268	1395,12	2,848	55	0,1054	1459,01	2,925
30	0,1303	1409,84	2,897	60	0,1079	1473,66	2,969
35	0,1337	1424,26	2,945	65	0,1103	1488,07	3,012
40	0,1370	1438,43	2,990	70	0,1128	1502,28	3,054
45	0,1403	1452,38	3,034	75	0,1151	1516,32	3,094

80	0,1174	1530,20	3,134	150	0,1104	1705,28	3,459
90	0,1220	1557,56	3,210	160	0,1136	1731,89	3,521
100	0,1264	1584,50	3,283	170	0,1166	1758,35	3,582
110	0,1308	1611,09	3,354	180	0,1197	1784,69	3,641
120	0,1350	1637,42	3,422	190	0,1227	1810,94	3,698
130	0,1392	1663,54	3,487	200	0,1257	1837,12	3,751
140	0,1433	1689,49	3,551	t = 50 p = 20,338			
150	0,1474	1715,38	3,612	50	0,0628	1395,92	2,561
160	0,1504	1741,06	3,673	55	0,0649	1414,25	2,617
170	0,1553	1766,74	3,731	60	0,0669	1431,92	2,670
180	0,1593	1792,36	3,788	65	0,0689	1449,02	2,721
190	0,1632	1817,97	3,844	70	0,0708	1465,65	2,770
200	0,1670	1843,56	3,889	75	0,0726	1481,87	2,817
t = 40 p = 15,527				80	0,0744	1497,74	2,862
40	0,08227	1397,55	2,673	85	0,0761	1513,30	2,906
45	0,0848	1414,24	2,726	90	0,0778	1528,59	2,948
50	0,08725	1430,44	2,777	95	0,0795	1543,65	2,990
55	0,08962	1446,23	2,825	100	0,0811	1558,50	3,030
60	0,09192	1461,67	2,872	110	0,0843	1587,65	3,107
65	0,09417	1476,8	2,917	120	0,0874	1616,21	3,180
70	0,09637	1491,67	2,961	130	0,0903	1644,29	3,251
75	0,09852	1506,3	3,003	140	0,0933	1671,98	3,319
80	0,1006	1520,74	3,044	150	0,0961	1699,36	3,384
85	0,1027	1534,99	3,084	160	0,0989	1726,49	3,448
90	0,1047	1549,08	3,123	170	0,1017	1753,42	3,509
100	0,1087	1576,85	3,199	180	0,1044	1780,18	3,569
110	0,1126	1604,18	3,271	190	0,1071	1806,81	3,627
120	0,1164	1631,15	3,34	200	0,1098	1833,34	3,684
130	0,1201	1657,84	3,408	t = 55 p = 23,098			
140	0,1237	1684,3	3,472	55	0,0551	1394,06	2,505
150	0,1273	1710,5	3,535	60	0,0571	1413,34	2,563
160	0,1308	1730,73	3,596	65	0,0589	1431,83	2,618
170	0,1343	1762,78	3,656	70	0,0607	1449,67	2,671
180	0,1378	1788,74	3,714	75	0,0624	1466,96	2,721
190	0,1412	1814,65	3,770	80	0,0641	1483,79	2,769
200	0,1446	1840,52	3,786	85	0,0657	1500,20	2,815
t = 45 p = 17,874				90	0,0673	1516,27	2,860
45	0,07177	1397,08	2,617	95	0,0688	1532,04	2,903
50	0,07407	1414,55	2,671	100	0,0703	1547,53	2,944
55	0,07629	1431,45	2,723	110	0,0732	1577,82	3,025
60	0,07844	1447,87	2,773	120	0,0760	1607,36	3,101
65	0,08051	1463,88	2,82	130	0,0787	1636,29	3,173
70	0,08254	1479,54	2,866	140	0,0813	1664,73	3,243
75	0,08451	1494,89	2,911	150	0,0840	1692,77	3,310
80	0,08643	1509,98	2,954	160	0,0865	1720,49	3,375
85	0,08832	1524,83	2,996	170	0,0890	1747,94	3,438
90	0,09017	1539,47	3,036	180	0,0914	1775,17	3,498
100	0,09377	1568,22	3,114	190	0,0931	1802,23	3,557
110	0,09726	1596,4	3,189	200	0,0962	1829,15	3,615
120	0,1007	1624,11	3,26	t = 60 p = 26,127			
130	0,104	1651,44	3,329	60	0,0485	1391,47	2,450
140	0,1072	1678,48	3,395	65	0,0503	1411,79	2,510

70	0,0520	1431,19	2,567	150	0,0569	1668,26	3,090
75	0,0537	1449,83	2,621	160	0,0588	1698,23	3,160
80	0,0552	1467,83	2,673	170	0,0606	1727,68	3,227
85	0,0568	1485,29	2,722	180	0,0624	1756,69	3,292
90	0,0582	1502,29	2,769	190	0,0642	1785,35	3,355
95	0,0597	1518,90	2,814	200	0,0660	1813,71	3,415
100	0,0610	1535,15	2,858	t = 75 p = 37,016			
105	0,0624	1551,10	2,901	75	0,0335	1378,85	2,285
110	0,0637	1566,79	2,942	80	0,0350	1403,05	2,354
120	0,0663	1597,46	3,021	85	0,0363	1425,70	2,417
130	0,0688	1627,36	3,096	90	0,0376	1447,14	2,477
140	0,0712	1656,65	3,168	95	0,0389	1467,61	2,533
150	0,0736	1685,44	3,237	100	0,0401	1487,27	2,586
160	0,0758	1713,82	3,303	105	0,0412	1506,25	2,636
170	0,0781	1741,86	3,367	110	0,0423	1524,66	2,685
180	0,0803	1769,62	3,429	115	0,0434	1542,56	2,731
190	0,0824	1797,16	3,489	120	0,0444	1560,03	2,776
200	0,0846	1824,50	3,547	130	0,0464	1593,88	2,861
t = 65 p = 29,445				140	0,0483	1626,54	2,941
65	0,0428	1388,11	2,395	150	0,0502	1658,24	3,017
70	0,0445	1409,59	2,458	160	0,0519	1689,16	3,089
75	0,0461	1429,97	2,517	170	0,0536	1719,44	3,158
80	0,0476	1449,46	2,572	180	0,0553	1749,20	3,224
85	0,0490	1468,23	2,625	190	0,0569	1778,52	3,288
90	0,0504	1486,38	2,676	200	0,0585	1807,48	3,350
95	0,0518	1504,00	2,724	t = 80 p = 41,309			
100	0,0531	1521,17	2,770	80	0,0296	1372,80	2,229
105	0,0543	1537,95	2,815	85	0,0311	1398,62	2,301
110	0,0556	1554,38	2,858	90	0,0324	1422,58	2,368
120	0,0580	1586,38	2,940	95	0,0336	1445,13	2,430
130	0,0602	1617,40	3,018	100	0,0348	1466,55	2,487
140	0,0624	1647,66	3,092	105	0,0359	1487,04	2,542
150	0,0646	1677,30	3,163	110	0,0369	1506,77	2,594
160	0,0667	1706,42	3,231	115	0,0379	1525,85	2,643
170	0,0687	1735,12	3,297	120	0,0389	1544,36	2,690
180	0,0707	1763,48	3,360	125	0,0399	1562,40	2,736
190	0,0727	1791,55	3,421	130	0,0408	1580,00	2,780
200	0,0746	1819,37	3,481	140	0,0426	1614,15	2,889
t = 70 p = 33,068				150	0,0443	1647,11	2,942
70	0,0378	1383,93	2,340	160	0,0459	1679,11	3,017
75	0,0394	1406,68	2,406	170	0,0475	1710,35	3,089
80	0,0409	1428,15	2,467	180	0,0490	1740,94	3,157
85	0,0423	1448,58	2,524	190	0,0505	1771,00	3,222
90	0,0436	1468,16	2,579	200	0,0520	1800,61	3,286
95	0,0449	1487,04	2,630	t = 85 p = 45,968			
100	0,0461	1505,32	2,680	85	0,0263	1365,66	2,172
105	0,0473	1523,09	2,727	90	0,0276	1393,32	2,249
110	0,0485	1540,42	2,772	95	0,0289	1418,75	2,318
115	0,0496	1557,36	2,816	100	0,0300	1442,51	2,382
120	0,0507	1573,96	2,859	105	0,0311	1464,96	2,442
130	0,0528	1606,29	2,940	110	0,0322	1486,35	2,498
140	0,0549	1637,66	3,017	115	0,0331	1506,87	2,552

120	0,0341	1526,66	2,602	160	0,0407	1667,99	2,945
125	0,0350	1545,82	2,651	170	0,0422	1700,29	3,019
130	0,0359	1564,44	2,697	180	0,0436	1731,82	3,089
140	0,0376	1600,32	2,785	190	0,0450	1762,71	3,157
150	0,0392	1634,74	2,868	200	0,0463	1793,06	3,222

Bản quyền © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

BẢNG 3: BẢNG HƠI BẢO HÒA R12

T °C	p bar	v' dm ³ /kg	v'' dm ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/(kg.°C)	s'' kJ/(kg.°C)
-70	0,1227	0,6248	1128,7	137,73	319,79	182,06	0,7379	1,6341
-69	0,1309	0,6259	1063,1	138,59	320,26	181,07	0,7421	1,6321
-68	0,1395	0,6269	1002,0	139,45	320,73	181,28	0,7463	1,6300
-67	0,1485	0,6280	945,1	140,31	321,21	180,90	0,7505	1,6281
-66	0,1580	0,6290	892,0	141,17	321,68	180,51	0,7547	1,6261
-65	0,1681	0,6301	842,50	142,04	322,10	180,12	0,7588	1,6242
-64	0,1786	0,6311	790,22	142,90	322,63	179,73	0,7630	1,6224
-63	0,1897	0,6322	752,95	143,77	323,11	179,34	0,7671	1,6205
-62	0,2013	0,6333	712,49	144,63	323,58	178,95	0,7712	1,6187
-61	0,2135	0,6344	674,61	145,50	324,06	178,50	0,7753	1,6170
-60	0,2263	0,6355	639,13	146,36	324,53	178,17	0,7793	1,6153
-59	0,2397	0,6366	605,88	147,23	325,01	177,78	0,7834	1,6136
-58	0,2537	0,6377	574,70	148,09	325,48	177,39	0,7874	1,6120
-57	0,2684	0,6388	545,43	148,96	325,90	177,00	0,7914	1,6104
-56	0,2838	0,6399	517,94	149,84	326,44	170,00	0,7955	1,6088
-55	0,2999	0,6410	492,11	150,71	326,92	176,21	0,7995	1,6073
-54	0,3167	0,6421	467,83	151,57	327,39	175,82	0,8034	1,6058
-53	0,3342	0,6433	444,98	152,45	327,87	175,42	0,8074	1,6043
-52	0,3525	0,6444	423,47	153,32	328,35	175,03	0,8113	1,6028
-51	0,3717	0,6456	403,21	154,19	328,82	17403	0,8153	1,6014
-50	0,3916	0,6467	384,11	155,06	329,30	174,24	0,8192	1,6001
-49	0,4124	0,6479	360,10	155,94	329,78	173,84	0,8231	1,5987
-48	0,4341	0,6491	349,11	156,82	330,20	173,44	0,8270	1,5974
-47	0,4566	0,6503	333,00	157,69	330,73	173,04	0,8309	1,5961
-46	0,4801	0,6514	317,91	158,57	331,21	172,04	0,8347	1,5948
-45	0,5045	0,6526	303,59	159,45	331,69	172,24	0,8380	1,5930
-44	0,5300	0,6538	290,04	160,32	332,10	171,84	0,8424	1,5924
-43	0,5564	0,6551	277,23	161,20	332,64	171,44	0,8462	1,5912
-42	0,5838	0,6563	265,09	162,09	333,12	171,03	0,8500	1,5900
-41	0,6124	0,6575	253,00	162,90	333,59	170,03	0,8538	1,5889
-40	0,6420	0,6587	242,72	163,85	334,07	170,22	0,8576	1,5878
-39	0,6727	0,6600	232,39	164,73	334,54	109,81	0,8614	1,5867
-38	0,7046	0,6612	222,00	165,02	335,02	109,40	0,8652	1,5856
-37	0,7376	0,6625	213,31	166,50	335,49	108,99	0,8689	1,5846
-36	0,7719	0,6638	204,49	167,39	335,97	168,58	0,8726	1,5830
-35	0,8074	0,6650	190,11	168,27	336,44	168,17	0,8763	1,5820
-34	0,8441	0,6663	188,15	169,10	336,91	107,75	0,8801	1,5816
-33	0,8822	0,6676	180,58	170,05	337,39	107,34	0,8837	1,5800
-32	0,9216	0,6689	173,38	170,94	337,80	100,92	0,8874	1,5797
-31	0,9624	0,6702	166,53	171,83	338,33	100,50	0,8911	1,5788
-30	1,0045	0,6716	160,01	172,72	338,80	166,08	0,8948	1,5779
-29	1,0481	0,6729	153,80	173,61	339,27	165,66	0,8984	1,5770
-28	1,0932	0,6742	147,88	174,51	339,74	165,23	0,9021	1,5762
-27	1,1397	0,6756	142,24	175,40	340,21	164,81	0,9057	1,5753
-26	1,1878	0,6770	136,86	176,30	340,68	164,38	0,9093	1,5745
-25	1,2374	0,6783	131,72	177,20	341,15	163,95	0,9120	1,5737
-24	1,2886	0,6797	126,83	178,10	341,62	163,52	0,9165	1,5729

-23	1,3415	0,6811	122,15	178,99	342,08	163,09	0,9201	1,5721
-22	1,3960	0,6825	117,68	179,90	342,55	162,65	0,9237	1,5714
-21	1,4522	0,6839	113,42	180,79	343,01	162,22	0,9273	1,5707
-20	1,5101	0,6853	109,34	181,70	343,48	161,78	0,9308	1,5699
-19	1,5698	0,6868	105,44	182,60	343,94	161,34	0,9344	1,5692
-18	1,6313	0,6882	101,71	183,51	344,40	160,89	0,9379	1,5686
-17	1,6947	0,6897	98,14	184,41	344,86	160,45	0,9414	1,5679
-16	1,7599	0,6911	94,72	185,32	345,32	160,00	0,9450	1,5672
-15	1,8270	0,6926	91,45	186,23	345,78	159,55	0,9485	1,5666
-14	1,8961	0,6941	88,31	187,14	346,24	159,10	0,9520	1,5660
-13	1,9672	0,6956	85,31	188,05	346,70	158,65	0,9554	1,5653
-12	2,0403	0,6971	82,43	188,97	347,16	158,19	0,9589	1,5647
-11	2,1154	0,6986	79,67	189,87	347,61	157,74	0,9624	1,5642
-10	2,1927	0,7002	77,02	190,78	348,06	157,28	0,9658	1,5636
-9	2,2720	0,7017	74,48	191,71	348,52	156,81	0,9693	1,5630
-8	2,3536	0,7033	72,04	192,62	348,97	156,35	0,9727	1,5625
-7	2,4374	0,7049	69,70	193,54	349,42	155,88	0,9762	1,5619
-6	2,5234	0,7064	67,45	194,46	349,87	155,41	0,9796	1,5614
-5	2,6117	0,7081	65,29	195,38	350,32	154,94	0,9830	1,5609
-4	2,7023	0,7097	63,21	196,30	350,76	154,46	0,9864	1,5604
-3	2,7953	0,7113	61,22	197,22	351,21	153,99	0,9898	1,5599
-2	2,8907	0,7129	59,30	198,14	351,65	153,51	0,9932	1,5594
-1	2,9886	0,7146	57,45	199,08	352,10	153,02	0,9966	1,5589
0	3,0889	0,7163	55,678	200,00	352,54	152,54	1,0000	1,5585
1	3,1918	0,7180	53,968	200,93	352,98	152,05	1,0033	1,5580
2	3,2973	0,7197	52,321	201,85	353,41	151,56	1,0067	1,5576
3	3,4053	0,7214	50,735	202,79	353,85	151,06	1,0100	1,5571
4	3,5160	0,7231	49,208	203,73	354,29	150,56	1,0134	1,5567
5	3,6294	0,7249	47,736	204,66	354,72	150,06	1,0167	1,5563
6	3,7456	0,7266	46,317	205,59	355,15	149,56	1,0200	1,5559
7	3,8645	0,7284	44,950	206,53	355,58	149,05	1,0234	1,5555
8	3,9862	0,7302	43,631	207,47	356,01	148,54	1,0267	1,5551
9	4,1108	0,7320	42,358	208,42	356,44	148,02	1,0300	1,5547
10	4,2383	0,7338	41,131	209,35	356,86	147,51	1,0333	1,5543
11	4,3688	0,7357	39,946	210,30	357,29	146,99	1,0366	1,5539
12	4,5022	0,7376	38,802	211,25	357,71	146,46	1,0399	1,5536
13	4,6386	0,7395	37,698	212,20	358,13	145,93	1,0432	1,5532
14	4,7782	0,7414	36,632	213,14	358,54	145,40	1,0465	1,5529
15	4,9208	0,7433	35,601	214,09	358,96	144,87	1,0497	1,5525
16	5,0667	0,7452	34,605	215,04	359,37	144,33	1,0530	1,5522
17	5,2157	0,7472	33,643	216,01	359,79	143,78	1,0563	1,5519
18	5,3680	0,7492	32,712	216,97	360,20	143,23	1,0595	1,5515
19	5,5235	0,7512	31,813	217,92	360,60	142,68	1,0628	1,5512
20	5,6824	0,7532	30,942	218,88	361,01	142,13	1,0660	1,5509
21	5,8447	0,7552	30,100	219,84	361,41	141,57	1,0692	1,5506
22	6,0105	0,7573	29,286	220,81	361,81	141,00	1,0725	1,5503
23	6,1797	0,7594	28,497	221,78	362,21	140,43	1,0757	1,5500
24	6,3524	0,7615	27,732	222,75	362,61	139,86	1,0789	1,5497
25	6,528	0,7637	26,934	223,72	363,00	139,28	1,0822	1,5494
26	6,708	0,7658	26,278	224,70	363,40	138,70	1,0854	1,5491
27	6,892	0,7680	25,584	225,68	363,79	138,11	1,0886	1,5488

28	7,079	0,7702	24,912	226,65	364,17	137,52	1,0918	1,5485
29	7,270	0,7724	24,260	227,64	364,56	136,92	1,0950	1,5482
30	7,465	0,7747	23,629	228,62	364,94	136,32	1,0982	1,5479
31	7,664	0,7770	23,016	229,61	365,32	135,71	1,1014	1,5477
32	7,866	0,7793	22,422	230,59	365,69	135,10	1,1046	1,5474
33	8,073	0,7817	21,846	231,59	366,07	134,48	1,1078	1,5471
34	8,283	0,7840	21,287	232,59	366,44	133,86	1,1110	1,5468
35	8,498	0,7864	20,745	233,59	366,81	133,22	1,1142	1,5466
36	8,717	0,7889	20,218	234,58	367,17	132,59	1,1174	1,5463
37	8,939	0,7913	19,707	235,59	367,53	131,94	1,1206	1,5460
38	9,166	0,7938	19,211	236,60	367,89	131,29	1,1238	1,5458
39	9,398	0,7963	18,729	237,61	368,25	130,64	1,1269	1,5455
40	9,633	0,7989	18,261	238,62	368,60	129,98	1,1301	1,5452
41	9,873	0,8015	17,806	239,64	368,95	129,31	1,1333	1,5450
42	10,117	0,8041	17,364	240,66	369,29	128,63	1,1365	1,5447
43	10,366	0,8068	16,934	241,69	369,64	127,95	1,1397	1,5444
44	10,619	0,8095	16,516	242,71	369,97	127,26	1,1428	1,5442
45	10,877	0,8122	16,110	243,75	370,31	126,56	1,1460	1,5439
46	11,139	0,8150	15,715	244,78	370,64	125,86	1,1492	1,5436
47	11,406	0,8178	15,331	245,82	370,97	125,15	1,1524	1,5433
48	11,678	0,8207	14,957	246,86	371,29	124,43	1,1556	1,5431
49	11,955	0,8236	14,593	247,91	371,61	123,70	1,1588	1,5428
50	12,236	0,8265	14,239	248,96	371,92	122,96	1,1619	1,5425
51	12,522	0,8295	13,894	250,02	372,24	122,22	1,1651	1,5422
52	12,813	0,8326	13,559	251,08	372,54	121,46	1,1683	1,5419
53	13,109	0,8357	13,232	252,14	372,84	120,70	1,1715	1,5417
54	13,410	0,8388	12,913	253,22	373,14	119,92	1,1747	1,5414
55	13,716	0,8420	12,603	254,30	373,44	119,14	1,1779	1,5411
56	14,028	0,8452	12,301	255,37	373,72	118,35	1,1811	1,5408
57	14,344	0,8485	12,007	256,46	374,01	117,55	1,1843	1,5405
58	14,666	0,8519	11,720	257,55	374,28	116,73	1,1876	1,5401
59	14,993	0,8553	11,440	258,65	374,56	115,91	1,1908	1,5398
60	15,325	0,8588	11,167	259,75	374,82	115,07	1,1940	1,5395
61	15,663	0,8623	10,901	260,86	375,09	114,23	1,1973	1,5392
62	16,006	0,8659	10,641	261,97	375,34	113,37	1,2005	1,5388
63	16,355	0,8696	10,388	263,09	375,59	112,50	1,2037	1,5385
64	16,709	0,8733	10,141	264,22	375,84	111,62	1,2070	1,5381
65	17,070	0,8771	9,899	265,35	376,07	110,72	1,2103	1,5376
66	17,435	0,8810	9,664	266,50	376,31	109,81	1,2135	1,5374
67	17,807	0,8850	9,434	267,64	376,53	108,89	1,2168	1,5370
68	18,184	0,8890	9,209	268,80	376,75	107,95	1,2201	1,5366
69	18,568	0,8932	8,990	269,96	376,96	107,00	1,2234	1,5362
70	18,957	0,8974	8,775	271,13	377,16	106,03	1,2267	1,5358
71	19,352	0,9017	8,565	272,31	377,36	105,05	1,2301	1,5354
72	19,753	0,9061	8,361	273,49	377,54	104,05	1,2334	1,5349
73	20,161	0,9107	8,160	274,69	377,72	103,03	1,2368	1,5345
74	20,575	0,9153	7,964	275,89	377,89	102,00	1,2401	1,5340
75	20,995	0,9200	7,7733	277,11	378,06	100,95	1,2435	1,5335
76	21,421	0,9249	7,5858	278,33	378,21	99,88	1,2469	1,5330
77	21,854	0,9299	7,4023	279,56	378,35	98,79	1,2503	1,5325
78	22,293	0,9350	7,2227	280,80	378,48	97,68	1,2537	1,5319

79	22,738	0,9403	7,0468	282,06	378,60	96,54	1,2572	1,5314
80	23,191	0,9457	6,8746	283,33	378,72	95,39	1,2606	1,5308
81	23,650	0,9513	6,7058	284,60	378,81	94,21	1,2641	1,5302
82	24,115	0,9570	6,5403	285,89	378,90	93,01	1,2676	1,5296
83	24,588	0,9629	6,3781	287,20	378,98	91,78	1,2712	1,5289
84	25,067	0,9690	6,2191	288,52	379,04	90,52	1,2747	1,5283
85	25,553	0,9753	6,0630	289,84	379,08	89,24	1,2783	1,5276
86	26,047	0,9818	5,9099	291,19	379,12	87,93	1,2819	1,5268
87	26,547	0,9885	5,7595	292,55	379,13	86,58	1,2856	1,5261
88	27,055	0,9955	5,6117	293,93	379,13	85,20	1,2893	1,5253
89	27,569	1,0027	5,4665	295,33	379,12	83,79	1,2930	1,5244
90	28,091	1,0103	5,3237	296,74	379,08	82,34	1,2967	1,5235
91	28,621	1,0181	5,1832	298,17	379,02	80,85	1,3005	1,5226
92	29,157	1,0263	5,0449	299,63	378,95	79,32	1,3044	1,5217
93	29,702	1,0349	4,9086	301,10	378,84	77,74	1,3083	1,5206
94	30,254	1,0438	4,7742	302,61	378,72	76,11	1,3122	1,5196
95	30,813	1,0533	4,6415	304,14	378,57	74,43	1,3162	1,5184
96	31,381	1,0632	4,5105	305,69	378,38	72,69	1,3203	1,5172
97	31,950	1,0737	4,3809	307,29	378,17	70,88	1,3244	1,5160
98	32,539	1,0848	4,2525	308,91	377,92	69,01	1,3286	1,5146
99	33,130	1,0966	4,1251	310,57	377,63	67,00	1,3329	1,5132
100	33,729	1,1092	3,9986	312,28	377,30	65,02	1,3373	1,5116
101	34,336	1,1228	3,8725	314,04	376,92	62,88	1,3418	1,5100
102	34,951	1,1375	3,7466	315,85	376,48	60,63	1,3465	1,5082
103	35,575	1,1536	3,6205	317,71	375,97	58,26	1,3513	1,5062
104	36,207	1,1712	3,4935	319,07	375,39	55,72	1,3563	1,5041
105	36,848	1,1908	3,3651	321,70	374,71	53,01	1,3614	1,5017
106	37,497	1,2129	3,2342	323,85	373,92	50,07	1,3669	1,4990
107	38,154	1,2384	3,0994	326,14	372,97	40,83	1,3727	1,4960
108	38,821	1,2685	2,9584	328,03	371,83	43,20	1,3791	1,4925
109	39,490	1,3050	2,8075	331,40	370,40	39,00	1,3861	1,4882
110	40,180	1,3540	2,6388	334,62	368,49	33,87	1,3943	1,4827
111	40,873	1,4295	2,4303	338,78	365,59	20,81	1,4048	1,4747
112,0	41,575	1,7921	1,7921	351,71	351,71	0,00	1,4382	1,4382

BẢNG 4: BẢNG HƠI QUÁ NHIỆT R12

t (°C)	v (m ³ /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/(kg.°K))
[p] = bar			
t = -65 p = 0,168			
-65	842,5	322,16	1,6242
-60	863,4	324,69	1,6362
-55	884,3	327,26	1,6482
-50	905,4	329,86	1,6599
-45	925,9	332,49	1,6716
-40	946,7	335,15	1,6831
-35	967,5	337,84	1,6946
-30	988,3	340,56	1,7059
-25	1009,0	343,31	1,7170
-20	1029,7	346,09	1,7281
-15	1050,4	348,89	1,7391
-10	1071,1	351,73	1,7500
-5	1091,8	354,58	1,7607
0	1112,4	357,47	1,7714
5	1133,1	360,38	1,7819
10	1153,7	363,32	1,7924
15	1174,3	366,28	1,8028
t = -60 p = 0,226			
-60	639,1	324,53	1,6153
-55	654,7	327,11	1,6272
-50	670,3	329,72	1,6390
-45	685,9	332,36	1,6507
-40	701,4	335,02	1,6623
-35	716,9	337,72	1,6737
-30	732,4	340,45	1,6851
-25	747,9	343,20	1,6963
-20	763,4	345,98	1,7074
-15	778,8	348,79	1,7184
-10	794,2	351,63	1,7292
-5	809,6	354,49	1,7400
0	825,0	357,38	1,7507
5	840,4	360,29	1,7613
10	855,8	363,23	1,7718
15	871,2	366,20	1,7821
20	886,5	369,19	1,7924
-55 0,299			
-55	492,1	326,92	1,6073
-50	503,9	329,53	1,6191
-45	515,8	332,18	1,6308
-40	527,6	334,86	1,6424
-35	539,4	337,56	1,6539
-30	551,2	340,29	1,6653
-25	562,9	343,05	1,6765
-20	574,6	345,84	1,6876
-15	586,4	348,66	1,6987
-10	598,1	351,50	1,7096
-5 -609,7 354,37 1,7204			
0	621,4	357,26	1,7310
5	633,1	360,18	1,7416
10	644,7	363,13	1,7521
15	656,4	366,10	1,7625
20	668,0	369,09	1,7728
25	679,6	372,11	1,7830
t = -50 p = 0,391			
-50	384,1	329,30	1,6000
-45	393,2	331,96	1,6118
-40	402,4	334,65	1,6235
-35	411,5	337,36	1,6350
-30	420,6	340,10	1,6464
-25	429,6	342,87	1,6577
-20	438,7	345,67	1,6688
-15	447,7	348,49	1,6799
-10	456,7	351,34	1,6908
-5	465,7	354,22	1,7016
0	474,7	357,12	1,7123
5	483,7	360,04	1,7229
10	492,6	362,99	1,7335
15	501,6	365,97	1,7439
20	510,5	368,97	1,7542
25	519,5	371,99	1,7644
30	528,4	375,04	1,7745
t = -45 p = 0,505			
-45	303,59	331,69	1,5936
-40	310,76	334,39	1,6053
-35	317,91	337,11	1,6168
-30	325,03	339,87	1,6283
-25	332,14	342,65	1,6396
-20	339,22	345,45	1,6508
-15	346,29	348,29	1,6619
-10	353,34	351,14	1,6728
-5	360,38	354,03	1,6837
0	367,40	356,94	1,6944
5	374,41	359,87	1,7051
10	381,41	362,83	1,7156
15	388,40	365,81	1,7261
20	395,38	368,81	1,7364
25	402,35	371,84	1,7466
30	409,32	374,89	1,7568
35	416,27	377,97	1,7669
-40 0,642			
-40	242,72	334,07	1,5878
-35	248,41	336,81	1,5994
-30	254,08	339,58	1,6109

-25	259,73	342,37	1,6223	-30	191,66	339,15	1,5908
-20	265,36	345,19	1,6335	-25	196,04	341,96	1,6023
-15	270,97	348,04	1,6446	-20	200,39	344,80	1,6136
-10	276,57	350,90	1,6556	-15	204,72	347,66	1,6248
-5	282,15	353,80	1,6665	-10	209,04	350,55	1,6359
0	287,72	356,72	1,6773	-5	213,34	353,46	1,6468
5	293,27	359,66	1,6880	0	217,63	356,39	1,6577
10	298,81	362,62	1,6986	5	221,90	359,34	1,6684
15	304,35	365,61	1,7090	10	226,16	362,32	1,6790
20	309,87	368,63	1,7194	15	230,41	365,33	1,6895
25	315,38	371,66	1,7297	20	234,66	368,35	1,6999
30	320,89	374,72	1,7398	25	238,89	371,40	1,7102
35	326,38	377,80	1,7499	30	243,11	374,47	1,7204
40	331,87	380,91	1,7599	35	247,33	377,56	1,7305
-35	0,807			40	251,53	380,67	1,7406
-35	196,11	336,44	1,5825	45	255,73	383,80	1,7505
-30	200,69	339,23	1,5941	-32	0,921		
-25	205,25	342,04	1,6056	-32	173,38	337,86	1,5797
-20	209,78	344,87	1,6169	-30	175,00	338,98	1,5843
-15	214,30	347,73	1,6280	-25	179,03	341,80	1,5958
-10	218,80	350,61	1,6391	-20	183,04	344,65	1,6072
-5	223,29	353,52	1,6500	-15	187,04	347,52	1,6184
0	227,76	356,45	1,6609	-10	191,01	350,41	1,6295
5	232,22	359,40	1,6716	-5	194,97	353,33	1,6404
10	236,67	362,38	1,6822	0	198,92	356,26	1,6513
15	241,11	365,38	1,6927	5	202,85	359,22	1,6620
20	245,53	368,40	1,7031	10	206,77	362,21	1,6727
25	249,95	371,45	1,7134	15	210,68	365,21	1,6832
30	254,36	374,51	1,7236	20	214,58	368,24	1,6936
35	258,76	377,60	1,7337	25	218,47	371,29	1,7039
40	263,15	380,71	1,7437	30	222,35	374,37	1,7142
45	267,54	383,85	1,7536	35	226,22	377,46	1,7243
-30	1,004			40	230,09	380,58	1,7343
-30	160,01	338,80	1,5779	45	233,95	383,72	1,7443
-25	163,73	341,63	1,5894	-30	1,004		
-20	167,44	344,49	1,6008	-30	160,01	338,80	1,5779
-15	171,12	347,36	1,6120	-25	163,73	341,63	1,5894
-10	174,79	350,26	1,6231	-20	167,44	344,49	1,6008
-5	178,45	351,18	1,6341	-15	171,12	347,36	1,6120
0	182,09	356,13	1,6450	-10	174,79	350,26	1,6231
5	185,71	359,09	1,6558	-5	178,45	353,18	1,6341
10	189,33	362,08	1,6664	0	182,09	356,13	1,6450
15	192,93	365,10	1,6770	5	185,71	359,09	1,6558
20	196,52	368,13	1,6874	10	189,33	362,08	1,6664
25	200,10	371,19	1,6978	15	192,93	365,40	1,6770
30	203,68	374,26	1,7080	20	196,52	368,13	1,6874
35	207,24	377,36	1,7181	25	200,10	371,19	1,6978
40	210,80	380,48	1,7282	30	203,68	374,26	1,7080
45	214,35	383,62	1,7381	35	207,24	377,36	1,7181
50	217,90	386,78	1,7480	40	210,80	380,48	1,7282
-34	0,844			45	214,35	383,62	1,7381
-34	188,15	336,91	1,5816	50	217,90	386,78	1,7480

-28	1,093			50	169,12	386,47	1,7302
-28	147,88	339,74	1,5761	55	171,91	389,67	1,7400
-25	149,95	341,45	1,5831	-22	1,396		
-20	153,37	344,31	1,5945	-22	117,68	342,55	1,5714
-15	156,79	347,20	1,6058	-20	118,78	343,71	1,5760
-10	160,18	350,10	1,6169	-15	121,52	346,62	1,5874
-5	163,56	353,03	1,6279	-10	124,23	349,55	1,5986
0	166,92	355,98	1,6388	-5	126,93	352,51	1,6097
5	170,27	358,96	1,6496	0	129,62	355,48	1,6207
10	173,60	361,95	1,6603	5	132,29	358,48	1,6316
15	176,93	364,97	1,6709	10	134,95	361,49	1,6423
20	180,25	368,01	1,6813	15	137,59	364,53	1,6530
25	183,55	371,07	1,6917	20	140,23	367,59	1,6635
30	186,85	374,15	1,7019	25	142,86	370,66	1,6739
35	190,14	377,25	1,7121	30	145,47	373,76	1,6842
40	193,42	380,38	1,7221	35	148,08	376,88	1,6944
45	196,69	383,52	1,7321	40	150,68	380,02	1,7045
50	199,96	386,69	1,7420	45	153,27	383,18	1,7145
-26	1,187			50	155,86	386,35	1,7244
-26	136,86	340,68	1,5745	55	158,44	389,55	1,7343
-25	137,50	341,25	1,5768	-20	1,510		
-20	140,68	344,13	1,5882	-20	109,34	343,48	1,5699
-15	143,84	346,02	1,5996	-15	111,89	346,40	1,5814
-10	146,98	349,93	1,6107	-10	114,42	349,35	1,5927
-5	150,11	352,87	1,6218	-5	116,94	352,31	1,6038
0	153,22	355,83	1,6327	0	119,44	355,29	1,6148
5	156,32	358,81	1,6435	5	121,92	358,30	1,6257
10	159,41	361,81	1,6542	10	124,40	361,32	1,6365
15	162,49	364,83	1,6648	15	126,86	364,36	1,6472
20	165,55	367,88	1,6753	20	129,31	367,43	1,6577
25	168,61	370,94	1,6857	25	131,75	370,51	1,6681
30	171,66	374,03	1,6959	30	134,18	373,61	1,6785
35	174,69	377,14	1,7061	35	136,60	376,74	1,6887
40	177,73	380,27	1,7162	40	139,02	379,88	1,6988
45	180,75	383,41	1,7261	45	141,42	383,04	1,7088
50	183,77	386,58	1,7360	50	143,82	386,23	1,7188
-24	1,288			55	146,22	389,43	1,7286
-24	126,83	341,62	1,5729	60	148,61	392,65	1,7383
-20	129,19	343,92	1,5821	-18	1,631		
-15	132,13	346,83	1,5934	-18	101,71	344,40	1,5685
-10	135,05	349,75	1,6047	-15	103,14	346,17	1,5754
-5	137,95	352,70	1,6157	-10	105,50	349,12	1,5868
0	140,84	355,66	1,6267	-5	107,85	352,10	1,5979
5	143,71	358,65	1,6375	0	110,18	355,09	1,6090
10	146,58	361,66	1,6483	5	112,50	358,10	1,6199
15	149,43	364,69	1,6589	10	114,81	361,13	1,6307
20	152,27	367,74	1,6694	15	117,10	364,18	1,6414
25	155,10	370,81	1,6797	20	119,38	367,25	1,6520
30	157,92	373,90	1,6900	25	121,65	370,35	1,6624
35	160,73	377,01	1,7002	30	123,92	373,46	1,6728
40	163,53	380,15	1,7103	35	126,17	376,59	1,6830
45	166,33	383,30	1,7203	40	128,42	379,74	1,6932

45	130,65	382,90	1,7032	40	101,94	379,24	1,6767
50	132,89	386,09	1,7132	45	103,76	382,43	1,6868
55	135,11	389,30	1,7230	50	105,57	385,64	1,6968
60	137,33	392,53	1,7328	55	107,37	388,86	1,7067
-16	1,759			60	109,17	392,10	1,7165
-16	94,72	345,32	1,5672	65	110,96	395,36	1,7262
-15	95,17	345,92	1,5695	-10	2,192		
-10	97,38	348,88	1,5809	-10	77,02	348,07	1,5636
-5	99,58	351,87	1,5921	-5	78,84	351,09	1,5750
0	101,76	354,87	1,6032	0	80,64	354,13	1,5862
5	103,92	357,89	1,6142	5	82,43	357,19	1,5973
10	106,07	360,93	1,6250	10	84,20	360,26	1,6082
15	108,22	363,99	1,6357	15	85,96	363,35	1,6190
20	110,34	367,07	1,6463	20	87,71	366,45	1,6297
25	112,46	370,17	1,6568	25	89,44	369,58	1,6403
30	114,57	373,29	1,6672	30	91,17	372,72	1,6507
35	116,67	376,43	1,6774	35	92,89	375,88	1,6611
40	118,77	379,58	1,6876	40	94,60	379,06	1,6713
45	120,85	382,76	1,6977	45	96,30	382,25	1,6814
50	122,93	385,96	1,7076	50	97,99	385,46	1,6914
55	125,00	389,16	1,7175	55	99,68	388,69	1,7014
60	127,07	392,39	1,7273	60	101,36	391,94	1,7112
-14	1,896			65	103,04	395,21	1,7209
-14	88,31	346,24	1,5659	70	104,71	398,49	1,7306
-10	89,97	348,63	1,5751	-8	2,353		
-5	92,03	351,63	1,5864	-8	72,046	348,97	1,5625
0	94,07	354,64	1,5975	-5	73,073	350,80	1,5693
5	96,10	357,67	1,6085	0	74,770	353,85	1,5806
10	98,12	360,72	1,6194	5	76,451	356,92	1,5917
15	100,12	363,79	1,6301	10	78,118	360,00	1,6027
20	102,11	366,88	1,6407	15	79,771	363,10	1,6136
25	104,09	369,99	1,6512	20	81,413	366,22	1,6243
30	106,06	373,11	1,6616	25	83,044	369,35	1,6349
35	108,02	376,25	1,6719	30	84,665	372,51	1,6454
40	109,97	379,42	1,6821	35	86,277	375,67	1,6557
45	111,92	382,60	1,6922	40	87,880	378,86	1,6660
50	113,86	385,80	1,7022	45	89,475	382,06	1,6761
55	115,79	389,02	1,7120	50	91,063	385,28	1,6862
60	117,71	392,25	1,7218	55	92,644	388,52	1,6961
65	119,63	395,51	1,7315	60	94,219	391,77	1,7060
-12	2,040			65	95,788	395,05	1,7157
-12	82,43	347,16	1,5647	70	97,352	398,34	1,7254
-10	83,21	348,36	1,5693	-6	2,523		
-5	85,14	351,37	1,5806	-6	67,455	349,87	1,5614
0	87,06	354,39	1,5918	-5	67,778	350,48	1,5637
5	88,96	357,44	1,6029	0	69,379	353,55	1,5750
10	90,85	360,50	1,6138	5	70,964	356,63	1,5862
15	92,72	363,58	1,6246	10	72,535	359,73	1,5972
20	94,59	366,67	1,6352	15	74,092	362,84	1,6081
25	96,44	369,79	1,6457	20	75,638	365,97	1,6189
30	98,28	372,92	1,6562	25	77,172	369,12	1,6295
35	100,12	376,07	1,6665	30	78,696	372,28	1,6401

35	80,210	375,46	1,6504
40	81,716	378,65	1,6607
45	83,214	381,86	1,6709
50	84,704	385,09	1,6810
55	86,188	388,33	1,6909
60	87,665	391,60	1,7008
65	89,136	394,87	1,7106
70	90,602	398,17	1,7202

-4 2,702

-4	63,218	350,76	1,5604
0	64,428	353,23	1,5695
5	65,925	356,33	1,5807
10	67,408	359,44	1,5918
15	68,877	362,57	1,6027
20	70,334	365,71	1,6136
25	71,779	368,87	1,6242
30	73,214	372,04	1,6348
35	74,640	375,23	1,6452
40	76,056	378,43	1,6555
45	77,465	381,65	1,6657
50	78,866	384,88	1,6758
55	80,260	388,14	1,6858
60	81,647	391,41	1,6957
65	83,029	394,69	1,7055
70	84,405	397,99	1,7152
75	85,776	401,31	1,7248

-2 2,890

-2	59,301	351,65	1,5594
0	59,873	352,90	1,5640
5	61,291	356,01	1,5753
10	62,693	359,14	1,5864
15	64,081	362,28	1,5974
20	65,457	365,43	1,6082
25	66,821	368,60	1,6190
30	68,174	371,78	1,6295
35	69,518	374,98	1,6400
40	70,853	378,19	1,6504
45	72,179	381,42	1,6606
50	73,498	384,67	1,6707
55	74,810	387,93	1,6807
60	76,116	391,21	1,6906
65	77,415	394,50	1,7004
70	78,708	397,81	1,7102
75	79,997	401,13	1,7198

0 3,088

0	55,678	352,54	1,5585
5	57,022	355,67	1,5698
10	58,351	358,81	1,5810
15	59,665	361,97	1,5921
20	60,966	365,14	1,6030
25	62,256	368,32	1,6137
30	63,534	371,51	1,6244

35	64,803	374,72	1,6349
40	66,063	377,95	1,6452
45	67,314	381,19	1,6555
50	68,558	384,44	1,6656
55	69,794	387,71	1,6757
60	71,024	390,99	1,6856
65	72,247	394,30	1,6955
70	73,465	397,61	1,7052
75	74,678	400,94	1,7148
80	75,885	404,29	1,7244

2 3,297

2	52,321	353,41	1,5576
5	53,085	355,31	1,5644
10	54,347	358,47	1,5757
15	55,593	361,64	1,5868
20	56,826	364,82	1,5977
25	58,047	368,02	1,6085
30	59,257	371,23	1,6192
35	60,457	374,45	1,6297
40	61,647	377,68	1,6401
45	62,830	380,93	1,6504
50	64,004	384,20	1,6606
55	65,171	387,48	1,6707
60	66,331	390,77	1,6807
65	67,485	394,08	1,6905
70	68,633	397,40	1,7003
75	69,776	400,74	1,7099
80	70,914	404,10	1,7195

4 3,516

4	49,208	354,29	1,5567
5	49,450	354,92	1,5590
10	50,649	358,10	1,5703
15	51,833	361,29	1,5815
20	53,004	364,49	1,5925
25	54,162	367,70	1,6033
30	55,309	370,92	1,6141
35	56,445	374,16	1,6246
40	57,572	377,41	1,6351
45	58,691	380,67	1,6454
50	59,801	383,94	1,6556
55	60,904	387,23	1,6657
60	62,000	390,53	1,6757
65	63,090	393,85	1,6856
70	64,174	397,19	1,6954
75	65,253	400,53	1,7051
80	66,326	403,89	1,7147

6 3,745

6	46,317	355,15	1,5559
10	47,230	357,71	1,5650
15	48,358	360,92	1,5762
20	49,471	364,14	1,5873
25	50,571	367,37	1,5982

30	51,660	370,60	1,6090	25	41,313	366,24	1,5828
35	52,738	373,85	1,6196	30	42,254	369,53	1,5938
40	53,807	377,11	1,6301	35	43,184	372,82	1,6045
45	54,867	380,39	1,6405	40	44,103	376,13	1,6152
50	55,918	383,67	1,6507	45	45,013	379,44	1,6257
55	56,962	386,97	1,6608	50	45,914	382,77	1,6361
60	57,999	390,29	1,6709	55	46,808	386,11	1,6463
65	59,030	393,61	1,6808	60	47,694	389,45	1,6564
70	60,055	396,95	1,6906	65	48,573	392,81	1,6664
75	61,074	400,31	1,7003	70	49,446	396,19	1,6763
80	62,088	403,68	1,7099	75	50,313	399,57	1,6861
85	63,097	407,06	1,7194	80	51,175	402,97	1,6958
8	3,986			85	52,031	406,38	1,7054
8	43,631	356,01	1,5551	90	52,883	409,80	1,7149
10	44,065	357,30	1,5596	14	4,778		
15	45,140	360,53	1,5709	14	36,632	358,55	1,5529
20	46,201	363,77	1,5821	15	36,819	359,21	1,5552
25	47,248	367,01	1,5931	20	37,746	362,51	1,5665
30	48,284	370,26	1,6039	25	38,659	365,81	1,5777
35	49,308	373,53	1,6146	30	39,559	369,12	1,5887
40	50,323	376,80	1,6251	35	40,447	372,44	1,5996
45	51,329	380,09	1,6355	40	41,324	375,76	1,6103
50	52,326	383,39	1,6458	45	42,192	379,09	1,6208
55	53,316	386,70	1,6560	50	43,051	382,43	1,6312
60	54,299	390,02	1,6660	55	43,901	385,79	1,6415
65	55,275	393,36	1,6760	60	44,744	389,15	1,6517
70	56,245	396,71	1,6858	65	45,580	392,52	1,6617
75	57,209	400,08	1,6955	70	46,410	395,90	1,6717
80	58,169	403,45	1,7052	75	47,234	399,30	1,6815
85	59,123	406,85	1,7147	80	48,052	402,70	1,6912
10	4,238			85	48,865	406,12	1,7008
10	41,131	356,86	1,5543	90	49,674	409,55	1,7103
15	42,158	360,11	1,5657	16	5,066		
20	43,170	363,37	1,5769	16	34,605	359,38	1,5522
25	44,169	366,63	1,5879	20	35,316	362,04	1,5613
30	45,156	369,91	1,5988	25	36,192	365,37	1,5726
35	46,131	373,19	1,6095	30	37,053	368,70	1,5837
40	47,096	376,47	1,6201	35	37,903	372,04	1,5946
45	48,052	379,78	1,6306	40	38,741	375,38	1,6053
50	48,999	383,09	1,6409	45	39,570	378,73	1,6159
55	49,939	386,41	1,6511	50	40,389	382,08	1,6264
60	50,871	389,75	1,6612	55	41,200	385,45	1,6367
65	51,797	393,09	1,6712	60	42,003	388,82	1,6470
70	52,717	396,46	1,6811	65	42,800	392,21	1,6570
75	53,631	399,83	1,6908	70	43,589	395,60	1,6670
80	54,539	403,22	1,7005	75	44,373	399,01	1,6769
85	55,443	406,62	1,7100	80	45,151	402,43	1,6866
90	56,342	410,03	1,7195	85	45,924	405,86	1,6963
12	4,502			90	46,693	409,30	1,7058
12	38,802	357,71	1,5536	95	47,456	412,75	1,7152
15	39,391	359,67	1,5604	18	5,368		
20	40,359	362,95	1,5717	18	32,712	360,20	1,5515

20	33,053	361,54	1,5561	24	6,352		
25	33,894	364,90	1,5675	24	27,733	302,01	1,5496
30	34,721	368,25	1,5786	25	27,883	363,30	1,5520
35	35,535	371,61	1,5896	30	28,622	366,74	1,5634
40	36,338	374,97	1,6004	35	29,340	370,17	1,5740
45	37,130	378,34	1,6111	40	30,058	373,61	1,5857
50	37,913	381,71	1,6216	45	30,758	377,04	1,5966
55	38,687	385,09	1,6320	50	31,448	380,47	1,6073
60	39,454	388,48	1,6422	55	32,128	383,90	1,6178
65	40,213	391,88	1,6524	60	32,800	387,34	1,6282
70	40,966	395,29	1,6624	65	33,465	390,79	1,6385
75	41,712	398,71	1,6723	70	34,122	394,24	1,6486
80	42,453	402,14	1,6821	75	34,772	397,70	1,6586
85	43,189	405,58	1,6917	80	35,417	401,17	1,6685
90	43,920	409,03	1,7013	85	36,056	404,65	1,6783
95	44,646	412,49	1,7108	90	36,689	408,13	1,6880
20	5,682			95	37,318	411,63	1,6975
20	30,942	361,01	1,5509	100	37,943	415,14	1,7070
25	31,752	364,39	1,5623	26	6,708		
30	32,547	367,78	1,5736	26	26,278	363,40	1,5491
35	33,328	371,16	1,5846	30	26,848	366,17	1,5583
40	34,098	374,54	1,5955	35	27,548	369,64	1,5696
45	34,857	377,93	1,6062	40	28,234	373,10	1,5808
50	35,606	381,32	1,6168	45	28,908	376,55	1,5917
55	36,347	384,72	1,6273	50	29,572	380,01	1,6025
60	37,079	388,12	1,6376	55	30,226	383,47	1,6131
65	37,805	391,53	1,6477	60	30,871	386,93	1,6236
70	38,523	394,96	1,6578	65	31,508	390,39	1,6339
75	39,235	398,39	1,6677	70	32,137	393,86	1,6441
80	39,942	401,83	1,6775	75	32,760	397,33	1,6541
85	40,643	405,28	1,6872	80	33,377	400,82	1,6641
90	41,339	408,74	1,6968	85	33,988	404,31	1,6739
95	42,030	412,22	1,7063	90	34,594	407,81	1,6836
100	42,717	415,70	1,7157	95	35,195	411,31	1,6932
22	6,010			100	35,792	414,83	1,7026
22	29,280	361,81	1,5503	105	36,384	418,36	1,7120
25	29,752	363,80	1,5572	28	7,079		
30	30,518	367,27	1,5685	28	24,912	364,17	1,5485
35	31,260	370,68	1,5796	30	25,187	365,58	1,5531
40	32,009	374,09	1,5906	35	25,864	369,07	1,5646
45	32,737	377,49	1,6014	40	26,527	372,56	1,5758
50	33,456	380,90	1,6120	45	27,177	376,04	1,5868
55	34,165	384,32	1,6225	50	27,816	379,52	1,6077
60	34,866	387,74	1,6329	55	28,446	383,00	1,6084
65	35,560	391,17	1,6431	60	29,066	386,48	1,6189
70	36,246	394,61	1,6532	65	29,678	389,97	1,6293
75	36,926	398,05	1,6632	70	30,282	393,45	1,6395
80	37,601	401,51	1,6730	75	30,880	396,95	1,6496
85	38,269	404,97	1,6827	80	31,471	400,45	1,6596
90	38,933	408,45	1,6924	85	32,056	403,95	1,6694
95	39,592	411,93	1,7019	90	32,636	407,46	1,6792
100	40,247	415,43	1,7113	95	33,211	410,98	1,6888

100	33,782	414,51	1,6983	95	27,988	409,89	1,6759
105	34,348	418,05	1,7078	100	28,490	413,46	1,6855
30	7,465			105	28,988	417,04	1,6950
30	23,629	364,94	1,5479	110	29,482	420,62	1,7045
35	24,285	368,47	1,5595	36	8,717		
40	24,927	371,99	1,5708	36	20,218	367,17	1,5463
45	25,556	375,51	1,5819	40	20,689	370,08	1,5556
50	26,173	379,01	1,5929	45	21,264	373,70	1,5671
55	26,779	382,52	1,6036	50	21,825	377,30	1,5783
60	27,376	386,02	1,6142	55	22,374	380,89	1,5894
65	27,965	389,52	1,6247	60	22,913	384,47	1,6002
70	28,546	393,03	1,6350	65	23,442	388,05	1,6108
75	29,120	396,54	1,6451	70	23,962	391,62	1,6213
80	29,687	400,05	1,6551	75	24,474	395,19	1,6317
85	30,248	403,58	1,6650	80	24,980	398,76	1,6418
90	30,804	407,10	1,6748	85	25,479	402,34	1,6519
95	31,355	410,64	1,6845	90	25,972	405,91	1,6618
100	31,901	414,18	1,6940	95	26,460	409,49	1,6716
105	32,443	417,73	1,7035	100	26,942	413,08	1,6813
110	32,981	421,29	1,7128	105	27,420	416,67	1,6908
32	7,866			110	27,894	420,26	1,7003
32	22,422	365,69	1,5474	115	28,364	423,87	1,7096
35	22,803	367,84	1,5544	38	9,166		
40	23,426	371,39	1,5658	38	19,211	367,89	1,5457
45	24,035	374,94	1,5770	40	19,440	369,36	1,5505
50	24,631	378,47	1,5881	45	20,000	373,02	1,5621
55	25,217	382,00	1,5989	50	20,546	376,66	1,5734
60	25,793	385,53	1,6096	55	21,079	380,29	1,5845
65	26,360	389,06	1,6201	60	21,601	383,90	1,5955
70	26,919	392,58	1,6304	65	22,113	387,50	1,6062
75	27,471	396,11	1,6406	70	22,616	391,10	1,6168
80	28,016	399,64	1,6507	75	23,112	394,69	1,6272
85	28,555	403,18	1,6607	80	23,599	398,29	1,6374
90	29,089	406,72	1,6705	85	24,080	401,88	1,6475
95	29,617	410,27	1,6802	90	24,555	405,48	1,6575
100	30,140	413,83	1,6898	95	25,025	409,07	1,6673
105	30,659	417,39	1,6993	100	25,489	412,68	1,6770
110	31,174	420,96	1,7086	105	25,949	416,28	1,6866
34	8,283			110	26,404	419,89	1,6961
34	21,287	366,44	1,5468	115	26,855	423,51	1,7055
35	21,410	367,16	1,5492	40	9,633		
40	22,016	370,76	1,5607	40	18,261	368,60	1,5452
45	22,607	374,34	1,5721	45	18,808	372,31	1,5570
50	23,185	377,90	1,5832	50	19,341	375,99	1,5684
55	23,751	381,45	1,5941	55	19,860	379,65	1,5797
60	24,308	385,01	1,6049	60	20,367	383,29	1,5907
65	24,855	388,56	1,6155	65	20,864	386,93	1,6015
70	25,394	392,11	1,6259	70	21,351	390,55	1,6122
75	25,925	395,66	1,6361	75	21,830	394,17	1,6227
80	26,450	399,21	1,6463	80	22,301	397,79	1,6330
85	26,968	402,77	1,6563	85	22,766	401,40	1,6431
90	27,481	406,33	1,6661	90	23,224	405,02	1,6532

95	23,676	408,64	1,6630	90	19,680	403,51	1,6401
100	24,124	412,25	1,6728	95	20,089	407,19	1,6502
105	24,566	415,88	1,6824	100	20,491	410,87	1,6601
110	25,004	419,50	1,6920	105	20,889	414,55	1,6699
115	25,437	423,13	1,7014	110	21,281	418,22	1,6796
120	25,867	426,77	1,7107	115	21,669	421,90	1,6891
42	10,117			120	22,053	425,58	1,6985
42	17,364	369,29	1,5447	125	22,433	429,27	1,7079
45	17,684	371,54	1,5518	48	11,679		
50	18,204	375,27	1,5634	48	14,957	371,29	1,5431
55	18,710	378,97	1,5748	50	15,152	372,84	1,5479
60	19,204	382,66	1,5859	55	15,629	376,70	1,5597
65	19,687	386,32	1,5968	60	16,091	380,51	1,5712
70	20,159	389,98	1,6076	65	16,539	384,30	1,5825
75	20,623	393,63	1,6181	70	16,976	388,06	1,5936
80	21,080	397,27	1,6285	75	17,402	391,80	1,6044
85	21,529	400,90	1,6387	80	17,820	395,53	1,6150
90	21,971	404,54	1,6488	85	18,230	399,25	1,6255
95	22,408	408,18	1,6588	90	18,632	402,96	1,6358
100	22,839	411,81	1,6686	95	19,028	406,66	1,6459
105	23,266	415,45	1,6783	100	19,417	410,36	1,6559
110	23,687	419,09	1,6878	105	19,802	414,06	1,6657
115	24,105	422,74	1,6973	110	20,181	417,76	1,6754
120	24,518	426,39	1,7066	115	20,556	421,45	1,6850
44	10,619			120	20,926	425,15	1,6945
44	16,516	369,97	1,5441	125	21,293	428,85	1,7038
45	16,620	370,73	1,5465	50	12,236		
50	17,130	374,51	1,5583	50	14,239	371,93	1,5425
55	17,625	378,26	1,5698	55	14,709	375,84	1,5545
60	18,107	381,98	1,5811	60	15,162	379,71	1,5662
65	18,577	385,68	1,5921	65	15,602	383,54	1,5776
70	19,036	389,37	1,6029	70	16,029	387,35	1,5888
75	19,487	393,05	1,6136	75	16,446	391,13	1,5997
80	19,929	396,72	1,6240	80	16,853	394,89	1,6105
85	20,364	400,38	1,6343	85	17,251	398,64	1,6210
90	20,792	404,04	1,6445	90	17,642	402,38	1,6314
95	21,214	407,70	1,6545	95	18,026	406,11	1,6416
100	21,630	411,35	1,6644	100	18,404	409,83	1,6510
105	22,042	415,01	1,6741	105	18,776	413,55	1,6615
110	22,448	418,67	1,6837	110	19,143	417,27	1,6713
115	22,850	422,33	1,6932	115	19,505	420,98	1,6809
120	23,249	426,00	1,7026	120	19,863	424,70	1,6905
46	11,140			125	20,217	428,42	1,6999
46	15,715	370,64	1,5436	130	20,568	432,14	1,7091
50	16,115	373,70	1,5531	52	12,814		
55	16,600	377,50	1,5648	52	13,559	372,54	1,5419
60	17,071	381,27	1,5762	55	13,835	374,93	1,5492
65	17,529	385,01	1,5873	60	14,283	378,86	1,5611
70	17,977	388,73	1,5983	65	14,714	382,74	1,5727
75	18,415	392,44	1,6090	70	15,133	386,59	1,5840
80	18,844	396,14	1,6195	75	15,540	390,42	1,5951
85	19,266	399,83	1,6299	80	15,938	394,22	1,6059

85	16,326	398,00	1,6165	115	12,268	415,66	1,6436
90	16,706	401,77	1,6270	120	12,546	419,60	1,6537
95	17,080	405,52	1,6373	125	12,818	423,53	1,6636
100	17,446	409,27	1,6474	130	13,086	427,44	1,6734
105	17,807	413,02	1,6573	135	13,349	431,35	1,6830
110	18,163	416,76	1,6672	140	13,608	435,24	1,6925
115	18,514	420,49	1,6769	145	13,863	439,13	1,7018
120	18,860	424,23	1,6864	70	18,957		
125	19,202	427,97	1,6959	70	8,775	377,16	1,5358
130	19,541	431,70	1,7052	75	9,157	381,68	1,5488
54	13,411			80	9,516	386,07	1,5614
54	12,913	373,14	1,5413	85	9,856	390,36	1,5734
55	13,004	373,95	1,5438	90	10,182	394,57	1,5851
60	13,447	377,95	1,5559	95	10,496	398,72	1,5965
65	13,872	381,89	1,5677	100	10,798	402,82	1,6075
70	14,284	385,80	1,5791	105	11,092	406,89	1,6183
75	14,683	389,66	1,5903	110	11,377	410,91	1,6289
80	15,071	393,50	1,6013	115	11,655	414,92	1,6393
85	15,450	397,32	1,6120	120	11,927	418,89	1,6495
90	15,821	401,13	1,6225	125	12,193	422,85	1,6595
95	16,185	404,91	1,6329	130	12,454	426,80	1,6693
100	16,541	408,69	1,6431	135	12,711	430,73	1,6790
105	16,892	412,46	1,6531	140	12,963	434,65	1,6886
110	17,237	416,22	1,6630	145	13,212	438,56	1,6980
115	17,577	419,98	1,6728	150	13,456	442,47	1,7073
120	17,912	423,74	1,6824	75	20,995		
125	18,243	427,49	1,6919	75	7,773	378,06	1,5335
130	18,571	431,25	1,7012	80	8,144	382,80	1,5470
56	14,028			85	8,490	387,37	1,5599
56	12,301	373,72	1,5407	90	8,815	391,81	1,5722
60	12,651	376,98	1,5506	95	9,124	396,15	1,5841
65	13,072	380,99	1,5625	100	9,420	400,42	1,5956
70	13,477	384,95	1,5742	105	9,705	404,62	1,6068
75	13,869	388,87	1,5855	110	9,980	408,78	1,6177
115	13,913	416,36	1,6478	115	10,247	412,89	1,6283
120	13,197	420,27	1,6578	120	10,507	416,97	1,6388
125	13,476	424,17	1,6677	125	10,760	421,02	1,6490
130	13,750	428,06	1,6774	130	11,007	425,05	1,6591
135	14,020	431,94	1,6870	135	11,250	429,06	1,6690
140	14,286	435,81	1,6964	140	11,487	433,05	1,6787
145	14,548	439,68	1,7057	145	11,721	437,03	1,6883
68	18,185			150	11,950	441,00	1,6977
68	9,209	376,75	1,5366	155	12,177	444,95	1,7070
70	9,367	378,54	1,5418	80	23,191		
75	9,745	382,93	1,5545	80	6,874	378,72	1,5308
80	10,103	387,22	1,5668	85	7,240	383,73	1,5449
85	10,444	391,42	1,5786	90	7,576	388,51	1,5582
90	10,772	395,56	1,5901	95	7,889	393,13	1,5708
95	11,089	399,65	1,6012	100	8,185	397,62	1,5829
100	11,396	403,70	1,6122	105	8,466	402,02	1,5946
105	11,694	407,71	1,6228	110	8,735	406,34	1,6059
110	11,984	411,70	1,6333	115	8,995	410,59	1,6170

120	9,245	414,80	1,6278	125	6,4155	410,89	1,6030
125	9,489	418,96	1,6383	130	6,6385	415,51	1,6146
130	9,725	423,09	1,6486	135	6,8518	420,04	1,6257
135	9,956	427,19	1,6587	140	7,0567	424,50	1,6366
140	10,182	431,27	1,6686	145	7,2545	428,90	1,6472
145	10,403	435,32	1,6784	150	7,4461	433,25	1,6575
150	10,620	439,36	1,6880	155	7,6324	437,55	1,6676
155	10,833	443,39	1,6974	160	7,8138	441,82	1,6775
160	11,042	447,40	1,7067	165	7,9909	446,05	1,6873
85	25,554			170	8,1641	450,26	1,6968
85	6,063	379,09	1,5275	175	8,3339	454,45	1,7062
90	6,430	384,45	1,5424	100	33,729		
95	6,760	389,49	1,5562	100	3,9986	377,30	1,5116
100	7,064	394,31	1,5692	105	4,4316	384,81	1,5316
105	7,348	398,97	1,5816	110	4,7729	391,12	1,5482
110	7,616	403,51	1,5935	115	5,0669	396,83	1,5630
115	7,872	407,95	1,6051	120	5,3308	402,18	1,5767
120	8,118	412,32	1,6162	125	5,5734	407,27	1,5896
125	8,355	416,63	1,6271	130	5,7999	412,19	1,6018
130	8,583	420,88	1,6378	135	6,0137	416,96	1,6136
135	8,806	425,10	1,6481	140	6,2172	421,62	1,6249
140	9,022	429,27	1,6583	145	6,4121	426,19	1,6360
145	9,233	433,42	1,6683	150	6,5997	430,69	1,6466
150	9,439	437,54	1,6781	155	6,7809	435,13	1,6571
155	9,641	441,64	1,6877	160	6,9566	439,52	1,6673
160	9,839	445,73	1,6972	165	7,1275	443,87	1,6772
165	10,034	449,79	1,7065	170	7,2940	448,18	1,6870
90	28,092			175	7,4566	452,46	1,6966
90	5,3237	379,08	1,5235	180	7,6158	456,71	1,7061
95	5,6991	384,91	1,5395	105	36,848		
100	6,0275	390,27	1,5539	105	3,3651	374,71	1,5017
105	6,3251	395,33	1,5674	110	3,8762	384,07	1,5263
110	6,6004	400,19	1,5802	115	4,2344	391,11	1,5445
115	6,8587	404,89	1,5924	120	4,5312	397,27	1,5603
120	7,1033	409,47	1,6041	125	4,7921	402,93	1,5746
125	7,3368	413,96	1,6154	130	5,0290	408,26	1,5879
130	7,5610	418,38	1,6265	135	5,2483	413,37	1,6005
135	7,7771	422,73	1,6372	140	5,4540	418,30	1,6125
140	7,9864	427,03	1,6477	145	5,6489	423,11	1,6241
145	8,1897	431,29	1,6579	150	5,8347	427,80	1,6352
150	8,3876	435,52	1,6680	155	6,0130	432,41	1,6461
155	8,5807	439,71	1,6778	160	6,1848	436,95	1,6566
160	8,7696	443,88	1,6875	165	6,3511	441,43	1,6669
165	8,9546	448,02	1,6970	170	6,5124	445,86	1,6769
170	9,1362	452,15	1,7064	175	6,6693	450,25	1,6868
95	30,814			180	6,8223	454,60	1,6964
95	4,6415	378,57	1,5184	185	6,9719	458,91	1,7059
100	5,0363	385,05	1,5359	110	40,180		
105	5,3681	390,82	1,5513	110	2,6388	368,49	1,4827
110	5,6624	396,18	1,5654	115	3,3632	382,69	1,5196
115	5,9310	401,26	1,5785	120	3,7476	390,78	1,5403
120	6,1806	406,15	1,5910	125	4,0497	397,49	1,5572

130	4,3091	403,51	1,5723	165	5,6501	438,70	1,6581
135	4,5412	409,12	1,5861	170	5,8077	443,28	1,6665
140	4,7541	414,44	1,5991	175	5,9602	447,79	1,6766
145	4,9525	419,55	1,6114	180	6,1085	452,26	1,6865
150	5,1394	424,50	1,6231	185	6,2528	456,68	1,6962
155	5,3170	429,33	1,6345	190	6,3936	461,07	1,7056
160	5,4869	434,06	1,6455				

Bản quyền © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

BẢNG 5: BẢNG HƠI BẢO HOÀ R22

T °C	p bar	v' dm ³ /kg	v'' dm ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/(kg.°C)	s'' kJ/(kg.°C)
-80	0,1052	0,6594	1557,8	113,62	367,85	254,23	0,6303	1,9466
-79	0,1129	0,6605	1545,7	114,59	368,36	253,82	0,6351	1,9425
-78	0,1211	0,6616	1541,9	115,47	368,87	253,40	0,6399	1,9384
-77	0,1298	0,6627	1445,8	116,39	369,38	252,99	0,6446	1,9344
-76	0,1389	0,6638	1356,8	117,34	369,90	252,56	0,6493	1,9305
-75	0,1487	0,6649	1273,9	118,27	370,41	252,14	0,6541	1,9266
-74	0,1589	0,6660	1197,1	119,21	370,92	251,71	0,6588	1,9228
-73	0,1698	0,6672	1125,8	120,15	371,43	251,28	0,6635	1,9190
-72	0,1813	0,6683	1059,4	121,10	371,94	250,84	0,6682	1,9153
-71	0,1934	0,6694	997,6	122,06	372,46	250,40	0,6730	1,9117
-70	0,2061	0,6706	940,1	123,02	372,97	249,95	0,6777	1,9081
-69	0,2196	0,6717	886,4	123,98	373,48	249,50	0,6824	1,9046
-68	0,2337	0,6729	836,4	124,95	373,99	249,04	0,6872	1,9012
-67	0,2486	0,6741	789,7	125,92	374,50	248,58	0,6919	1,8978
-66	0,2643	0,6753	746,0	126,89	375,01	248,12	0,6966	1,8944
-65	0,2808	0,6765	705,3	127,87	375,52	247,65	0,7013	1,8911
-64	0,2981	0,6777	667,1	128,86	376,03	247,17	0,7060	1,8879
-63	0,3162	0,6789	631,4	129,85	376,54	246,69	0,7107	1,8847
-62	0,3353	0,6801	598,0	130,84	377,05	246,21	0,7154	1,8815
-61	0,3553	0,6813	566,6	131,84	377,56	245,72	0,7201	1,8784
-60	0,3762	0,6825	537,2	132,84	378,07	245,23	0,7248	1,8754
-59	0,3982	0,6838	509,7	133,85	378,58	244,73	0,7295	1,8724
-58	0,4212	0,6850	483,8	134,86	379,08	244,22	0,7342	1,8694
-57	0,4452	0,6863	459,4	135,88	379,59	243,71	0,7389	1,8665
-56	0,4703	0,6876	436,5	136,90	380,09	243,19	0,7436	1,8636
-55	0,4966	0,6888	415,0	137,92	380,59	242,67	0,7483	1,8608
-54	0,5240	0,6901	394,8	138,95	381,09	242,14	0,7530	1,8580
-53	0,5527	0,6914	375,7	139,98	381,59	241,61	0,7577	1,8553
-52	0,5826	0,6927	357,5	141,02	382,09	241,07	0,7624	1,8526
-51	0,6137	0,6940	340,8	142,06	382,59	240,53	0,7671	1,8499
-50	0,6463	0,6954	324,8	143,11	383,09	239,98	0,7718	1,8473
-49	0,6801	0,6967	309,7	144,15	383,58	239,43	0,7764	1,8447
-48	0,7154	0,6980	295,4	145,22	384,08	238,86	0,7812	1,8421
-47	0,7521	0,6994	282,0	146,27	384,57	238,30	0,7858	1,8396
-46	0,7903	0,7008	269,2	147,34	385,06	237,72	0,7905	1,8371
-45	0,8301	0,7021	257,2	148,40	385,55	237,15	0,7952	1,8347
-44	0,8714	0,7035	245,8	149,48	386,04	236,56	0,7999	1,8323
-43	0,9143	0,7049	235,0	150,55	386,52	235,97	0,8045	1,8299
-42	0,9589	0,7063	224,8	151,63	387,01	235,38	0,8092	1,8275
-41	1,0052	0,7077	215,1	152,72	387,49	234,77	0,8139	1,8252
-40	1,0533	0,7092	205,9	153,81	387,97	234,16	0,8185	1,8229
-39	1,1031	0,7106	197,2	154,90	388,45	233,55	0,8232	1,8207
-38	1,1548	0,7121	188,9	155,99	388,92	232,93	0,8278	1,8185
-37	1,2083	0,7135	181,1	157,10	389,40	232,30	0,8325	1,8163
-36	1,2639	0,7150	173,6	158,20	389,87	231,67	0,8371	1,8141
-35	1,3213	0,7165	166,5	159,31	390,34	231,03	0,8418	1,8120
-34	1,3809	0,7180	159,8	160,41	390,80	230,39	0,8464	1,8098

-33	1,4425	0,7195	153,4	161,53	391,27	229,74	0,8510	1,8076
-32	1,5062	0,7210	147,3	162,65	391,73	229,08	0,8557	1,8057
-31	1,5721	0,7225	141,5	163,77	392,19	226,42	0,8603	1,8037
-30	1,6402	0,7241	135,9	164,90	392,65	227,75	0,8649	1,8016
-29	1,7106	0,7256	130,7	166,02	393,10	227,08	0,8695	1,7997
-28	1,7833	0,7272	125,6	167,16	393,55	226,39	0,8742	1,7977
-27	1,8584	0,7288	120,8	168,29	394,00	225,71	0,8787	1,7958
-26	1,9360	0,7304	116,3	169,44	394,45	225,01	0,8834	1,7938
-25	2,0160	0,7320	111,96	170,57	394,89	224,32	0,8879	1,7919
-24	2,0985	0,7336	107,80	171,72	395,33	223,61	0,8925	1,7901
-23	2,1836	0,7353	103,83	172,87	395,77	222,90	0,8971	1,7882
-22	2,2714	0,7369	100,03	174,03	396,21	222,18	0,9017	1,7864
-21	2,3616	0,7386	96,40	175,18	396,64	221,46	0,9062	1,7846
-20	2,4550	0,7403	92,93	176,34	397,07	220,73	0,9108	1,7828
-19	2,5510	0,7420	89,61	177,49	397,49	220,00	0,9153	1,7810
-18	2,6499	0,7437	86,43	178,66	397,92	219,26	0,9198	1,7792
-17	2,7516	0,7455	83,39	179,82	398,33	218,51	0,9244	1,7775
-16	2,8563	0,7472	80,48	180,99	398,75	217,76	0,9289	1,7758
-15	2,9640	0,7490	77,69	182,16	399,16	217,00	0,9334	1,7741
-14	3,0748	0,7508	75,02	183,34	399,57	216,23	0,9379	1,7724
-13	3,1887	0,7526	72,46	184,52	399,98	215,46	0,9424	1,7707
-12	3,3058	0,7544	70,01	185,69	400,38	214,69	0,9469	1,7691
-11	3,4261	0,7562	67,65	186,87	400,78	213,91	0,9514	1,7674
-10	3,5498	0,7581	65,40	188,06	401,18	213,12	0,9558	1,7658
-9	3,6767	0,7599	63,23	189,24	401,57	212,33	0,9603	1,7642
-8	3,8071	0,7618	61,15	190,43	401,96	211,53	0,9647	1,7626
-7	3,9410	0,7637	59,15	191,62	402,34	210,72	0,9692	1,7610
-6	4,0783	0,7656	57,23	192,81	402,72	209,91	0,9736	1,7594
-5	4,2193	0,7676	55,39	194,00	403,10	209,10	0,9780	1,7579
-4	4,3638	0,7696	53,61	195,20	403,47	208,27	0,9825	1,7563
-3	4,5121	0,7715	51,91	196,39	403,84	207,45	0,9868	1,7548
-2	4,6642	0,7735	50,27	197,60	404,21	206,61	0,9912	1,7533
-1	4,8200	0,7756	48,69	198,80	404,57	205,77	0,9956	1,7518
0	4,9797	0,7776	47,18	200,00	404,93	204,93	1,0000	1,7503
1	5,1434	0,7797	45,72	201,20	405,28	204,08	1,0043	1,7488
2	5,3110	0,7818	44,31	202,41	405,63	203,22	1,0087	1,7473
3	5,4827	0,7839	42,96	203,61	405,97	202,36	1,0130	1,7458
4	5,6585	0,7860	41,65	204,83	406,32	201,49	1,0173	1,7444
5	5,8385	0,7882	40,398	206,03	406,65	200,62	1,0216	1,7429
6	6,0227	0,7904	39,18	207,24	406,98	199,74	1,0259	1,7415
7	6,2113	0,7926	38,01	208,46	407,31	198,85	1,0302	1,7401
8	6,4041	0,7948	36,89	209,67	407,63	197,96	1,0345	1,7386
9	6,6014	0,7971	35,80	210,89	407,95	197,06	1,0387	1,7372
10	6,803	0,7994	34,754	212,11	408,27	196,16	1,0430	1,7358
11	7,009	0,8017	33,741	213,33	408,58	195,25	1,0472	1,7344
12	7,220	0,8040	32,763	214,54	408,88	194,34	1,0514	1,7330
13	7,436	0,8064	31,819	215,76	409,18	193,42	1,0556	1,7316
14	7,656	0,8088	30,907	216,99	409,48	192,49	1,0598	1,7303
15	7,881	0,8112	30,026	218,21	409,77	191,56	1,0640	1,7289
16	8,111	0,8137	29,174	219,43	410,05	190,62	1,0682	1,7275
17	8,346	0,8162	28,351	220,66	410,33	189,67	1,0724	1,7261

18	8,586	0,8187	27,555	221,89	410,61	188,72	1,0765	1,7248
19	8,831	0,8213	26,785	223,11	410,88	187,77	1,0806	1,7234
20	9,081	0,8238	26,041	224,34	411,14	186,80	1,0848	1,7221
21	9,336	0,8265	25,320	225,57	411,40	185,83	1,0889	1,7207
22	9,597	0,8291	24,623	226,81	411,66	184,85	1,0930	1,7194
23	9,863	0,8318	23,948	228,03	411,90	183,87	1,0971	1,7180
24	10,134	0,8345	23,294	229,27	412,15	182,88	1,1012	1,7167
25	10,411	0,8373	22,661	230,50	412,38	181,88	1,1053	1,7153
26	10,693	0,8401	22,048	231,74	412,62	180,88	1,1093	1,7140
27	10,981	0,8430	21,454	232,97	412,84	179,87	1,1133	1,7127
28	11,275	0,8458	20,878	234,21	413,06	178,85	1,1174	1,7113
29	11,574	0,8488	20,320	235,45	413,27	177,82	1,1214	1,7100
30	11,879	0,8517	19,779	236,69	413,48	176,79	1,1254	1,7087
31	12,190	0,8547	19,254	237,93	413,68	175,75	1,1294	1,7073
32	12,507	0,8578	18,744	239,18	413,88	174,70	1,1334	1,7060
33	12,830	0,8609	18,250	240,43	414,07	173,64	1,1374	1,7046
34	13,160	0,8641	17,771	241,68	414,25	172,57	1,1414	1,7033
35	13,495	0,8673	17,305	242,93	414,42	171,49	1,1454	1,7020
36	13,837	0,8705	16,853	244,18	414,59	170,41	1,1493	1,7006
37	14,185	0,8738	16,415	245,44	414,75	169,31	1,1533	1,6993
38	14,539	0,8772	15,988	246,69	414,90	168,21	1,1572	1,6979
39	14,900	0,8806	15,574	247,95	415,05	167,10	1,1612	1,6965
40	15,268	0,8841	15,171	249,22	415,19	165,97	1,1651	1,6952
41	15,642	0,8876	14,780	250,48	415,32	164,84	1,1690	1,6938
42	16,023	0,8912	14,400	251,75	415,44	163,69	1,1730	1,6924
43	16,411	0,8949	14,030	253,02	415,56	162,54	1,1769	1,6910
44	16,806	0,8986	13,670	254,29	415,66	161,37	1,1808	1,6896
45	17,208	0,9024	13,320	255,57	415,76	160,19	1,1847	1,6882
46	17,617	0,9063	12,979	256,86	415,85	158,99	1,1886	1,6868
47	18,034	0,9103	12,648	258,15	415,93	157,78	1,1925	1,6854
48	18,457	0,9143	12,325	259,44	416,00	156,56	1,1964	1,6840
49	18,888	0,9184	12,011	260,73	416,06	155,33	1,2003	1,6825
50	19,326	0,9226	11,704	262,03	416,11	154,08	1,2042	1,6811
51	19,773	0,9269	11,406	263,34	416,15	152,81	1,2081	1,6796
52	20,226	0,9312	11,115	264,65	416,18	151,53	1,2120	1,6781
53	20,688	0,9357	10,832	265,97	416,20	150,23	1,2160	1,6766
54	21,157	0,9403	10,556	267,29	416,20	148,91	1,2199	1,6751
55	21,635	0,9449	10,286	268,62	416,20	147,58	1,2238	1,6736
56	22,120	0,9497	10,023	269,96	416,18	146,22	1,2277	1,6720
57	22,614	0,9546	9,767	271,30	416,15	144,85	1,2317	1,6705
58	23,116	0,9596	9,517	272,66	416,11	143,45	1,2356	1,6689
59	23,626	0,9647	9,272	274,03	416,06	142,03	1,2396	1,6673
60	24,145	0,9700	9,033	275,41	415,99	140,58	1,2436	1,6656
61	24,673	0,9754	8,800	276,79	415,90	139,11	1,2476	1,6640
62	25,209	0,9809	8,572	278,18	415,80	137,62	1,2516	1,6623
63	25,755	0,9866	8,350	279,59	415,68	136,09	1,2556	1,6605
64	26,309	0,9924	8,132	281,01	415,55	134,54	1,2597	1,6588
65	26,873	0,9985	7,919	282,44	415,40	132,96	1,2637	1,6570
66	27,445	1,0047	7,710	283,89	415,23	131,34	1,2679	1,6552
67	28,028	1,0111	7,506	285,35	415,04	129,69	1,2720	1,6533
68	28,620	1,0177	7,306	286,83	414,83	128,00	1,2762	1,6514

69	29,221	1,0245	7,110	288,33	414,60	126,27	1,2804	1,6495
70	29,832	1,0315	6,9185	289,86	414,35	124,49	1,2846	1,6475
71	30,454	1,0388	6,7301	291,39	414,07	122,68	1,2889	1,6454
72	31,085	1,0464	6,5454	292,95	413,76	120,81	1,2932	1,6433
73	31,727	1,0543	6,3639	294,54	413,43	118,89	1,2976	1,6412
74	32,379	1,0624	6,1857	296,15	413,07	116,92	1,3021	1,6389
75	33,042	1,0709	6,0105	297,79	412,67	114,88	1,3066	1,6366
76	33,715	1,0798	5,8381	299,45	412,24	112,79	1,3112	1,6343
77	34,400	1,0891	5,6684	301,16	411,78	110,62	1,3158	1,6318
78	35,095	1,0988	5,5012	302,90	411,27	108,37	1,3206	1,6293
79	35,802	1,1091	5,3362	304,67	410,72	106,05	1,3254	1,6266
80	36,520	1,1198	5,1733	306,49	410,12	103,63	1,3303	1,6238
81	37,250	1,1312	5,0122	308,36	409,47	101,11	1,3354	1,6209
82	37,991	1,1432	4,8526	310,28	408,76	98,48	1,3406	1,6179
83	38,745	1,1561	4,6944	312,26	407,99	95,73	1,3459	1,6147
84	39,511	1,1698	4,5371	314,30	407,14	92,84	1,3514	1,6114
85	40,289	1,1845	4,3804	316,43	406,22	89,79	1,3570	1,6078
86	41,080	1,2004	4,2239	318,63	405,19	86,56	1,3629	1,6040
87	41,884	1,2177	4,0670	320,93	404,05	83,12	1,3691	1,5999
88	42,700	1,2368	3,9090	323,35	402,79	79,44	1,3755	1,5955
89	43,530	1,2580	3,7491	325,89	401,36	75,47	1,3822	1,5907
90	44,374	1,2818	3,5860	328,61	399,75	71,14	1,3894	1,5854
91	45,231	1,3092	3,4181	331,53	397,88	66,35	1,3971	1,5794
92	46,102	1,3414	3,2428	334,72	395,68	60,96	1,4056	1,5726
93	46,987	1,3809	3,0556	338,28	393,00	54,72	1,4150	1,5645
94	47,887	1,4323	2,8481	342,44	389,58	47,14	1,4260	1,5544
95	48,801	1,5086	2,5992	347,71	384,72	37,01	1,4400	1,5405
96	49,731	1,6883	2,1991	357,09	374,75	17,66	1,4650	1,5129
96,18	49,900	1,9490	1,9490	366,83	366,83	0,00	1,4913	1,4913

BẢNG 6: BẢNG HƠI QUÁ NHIỆT R22

T (°C)	v (dm ³ /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/(kg.°K))				
[p]=bar							
-80	0,105			-30	1127,6	395,07	2,0072
-75				-25	1151,2	397,99	2,0192
-70				-20	1174,7	400,95	2,0310
-65				-15	1198,2	403,95	2,0427
-60				-10	1221,7	406,97	2,0543
-55				-5	1245,3	410,03	2,0658
-50				0	1268,8	413,12	2,0772
-45				5	1292,3	416,23	2,0885
-40				10	1315,8	419,38	2,0997
-35							
-30				-65	0,2808		
-25				-65	705,3	375,53	1,8911
-20				-60	722,4	378,17	1,9037
-15				-55	739,7	380,86	1,9162
-10				-50	756,9	383,60	1,9286
-5				-45	774,2	386,38	1,9409
0				-40	791,5	389,20	1,9531
				-35	808,5	392,05	1,9652
				-30	826,1	394,94	1,9772
				-25	843,5	397,87	1,9891
				-20	860,8	400,83	2,0009
				-15	878,1	403,82	2,0127
				-10	895,5	406,85	2,0243
				-5	912,8	409,91	2,0358
				0	930,1	413,00	2,0472
				5	947,4	416,12	2,0585
				10	964,7	419,27	2,0697
				15	982,0	422,45	2,0809
				-60	0,376		
				-60	537,2	378,07	1,8754
				-55	550,1	380,74	1,8878
				-50	563,0	383,47	1,9001
				-45	576,0	386,24	1,9124
				-40	588,9	389,05	1,9246
				-35	601,9	391,90	1,9367
				-30	614,9	394,79	1,9487
				-25	627,9	397,71	1,9606
				-20	640,9	400,67	1,9724
				-15	653,8	403,67	1,9841
				-10	666,8	406,69	1,9957
				-5	679,8	409,75	2,0072
				0	692,8	412,85	2,0187
				5	705,8	415,97	2,0300
				10	718,7	419,13	2,0412
				15	731,7	422,31	2,0524
				20	744,6	425,53	2,0635

-55	0,496		
-55	415,06	380,59	1,8608
-50	424,88	383,30	1,8731
-45	434,73	386,06	1,8853
-40	444,60	388,86	1,8974
-35	454,47	391,70	1,9095
-30	464,36	394,59	1,9215
-25	474,25	397,51	1,9334
-20	484,14	400,47	1,9452
-15	494,04	403,47	1,9569
-10	503,93	406,50	1,9685
-5	513,81	409,56	1,9801
0	523,69	412,65	1,9915
5	533,57	415,78	2,0029
10	543,44	418,94	2,0141
15	553,30	422,13	2,0253
20	563,15	425,35	2,0364
25	573,00	428,61	2,0474

-50	0,646		
-50	324,81	383,09	1,8473
-45	332,42	385,83	1,8594
-40	340,04	388,62	1,8715
-35	347,68	391,46	1,8835
-30	355,33	394,34	1,8955
-25	362,98	397,26	1,9074
-20	370,63	400,22	1,9192
-15	378,28	403,22	1,9309
-10	385,93	406,25	1,9426
-5	393,58	409,32	1,9541
0	401,22	412,42	1,9656
5	408,85	415,55	1,9769
10	416,48	418,71	1,9882
15	424,10	421,91	1,9994
20	431,72	425,14	2,0105
25	439,32	428,39	2,0215
30	446,93	431,68	2,0325

-48	0,715		
-48	295,46	384,08	1,8421
-45	299,60	385,73	1,8494
-40	306,51	388,51	1,8615
-35	313,43	391,34	1,8735
-30	320,36	394,22	1,8855
-25	327,29	397,14	1,8973
-20	334,22	400,10	1,9091
-15	341,16	403,10	1,9209
-10	348,09	406,13	1,9325
-5	355,01	409,20	1,9441
0	361,93	412,31	1,9555
5	368,85	415,44	1,9669

10	375,76	418,61	1,9782
15	382,66	421,81	1,9894
20	389,56	425,04	2,0005
25	396,45	428,30	2,0115
30	403,33	431,59	2,0225

-46	0,790		
-46	269,26	385,06	1,8371
-45	270,52	385,61	1,8395
-40	276,79	388,39	1,8516
-35	283,07	391,22	1,8636
-30	289,36	394,10	1,8756
-25	295,66	397,02	1,8874
-20	301,96	399,98	1,8992
-15	308,26	402,97	1,9110
-10	314,55	406,01	1,9226
-5	320,84	409,08	1,9342
0	327,13	412,18	1,9456
5	333,40	415,32	1,9570
10	339,68	418,49	1,9683
15	345,94	421,69	1,9795
20	352,20	424,93	1,9907
25	358,46	428,19	2,0017
30	364,70	431,48	2,0126

-45	0,830		
-45	257,22	385,55	1,8347
-40	263,20	388,33	1,8467
-35	269,20	391,16	1,8587
-30	275,20	394,03	1,8707
-25	281,20	396,95	1,8825
-20	287,21	399,91	1,8944
-15	293,22	402,91	1,9061
-10	299,22	405,94	1,9177
-5	305,22	409,02	1,9293
0	311,21	412,12	1,9408
5	317,20	415,26	1,9522
10	323,18	418,43	1,9635
15	329,16	421,63	1,9747
20	335,13	424,87	1,9858
25	341,09	428,13	1,9968
30	347,05	431,43	2,0078
35	353,00	434,75	2,0187

-44	0,871		
-44	245,83	386,04	1,8323
-40	250,39	388,26	1,8419
-35	256,11	391,09	1,8539
-30	261,84	393,96	1,8658
-25	267,57	396,88	1,8777
-20	273,30	399,84	1,8895

-15	279,04	402,84	1,9012
-10	284,76	405,88	1,9129
-5	290,49	408,95	1,9245
0	296,21	412,05	1,9359
5	301,92	415,19	1,9473
10	307,63	418,37	1,9586
15	313,33	421,57	1,9698
20	319,03	424,81	1,9810
25	324,72	428,07	1,9920
30	330,40	431,37	2,0030
35	336,07	434,70	2,0139

-42	0,959		
-42	224,82	387,01	1,8275
-40	226,90	388,12	1,8323
-35	232,12	390,94	1,8443
-30	237,34	393,81	1,8562
-25	242,57	396,73	1,8681
-20	247,80	399,69	1,8799
-15	253,03	402,69	1,8917
-10	258,26	405,73	1,9033
-5	263,48	408,80	1,9149
0	268,69	411,91	1,9264
5	273,91	415,06	1,9378
10	279,11	418,23	1,9491
15	284,31	421,44	1,9603
20	289,50	424,68	1,9715
25	294,69	427,95	1,9825
30	299,86	431,25	1,9935
35	305,04	434,58	2,0044

-40	1,053		
-40	205,94	387,97	1,8229
-35	210,71	390,79	1,8349
-30	215,49	393,65	1,8468
-25	220,27	396,57	1,8587
-20	225,05	399,53	1,8705
-15	229,83	402,53	1,8822
-10	234,61	405,57	1,8939
-5	239,39	408,65	1,9055
0	244,16	411,76	1,9170
5	248,92	414,91	1,9284
10	253,68	418,09	1,9397
15	258,43	421,30	1,9510
20	263,17	424,54	1,9621
25	267,90	427,81	1,9732
30	272,63	431,12	1,9842
35	277,36	434,45	1,9951
40	282,07	437,82	2,0059

-38	1,154		
-38	188,96	388,92	1,8185

-35	191,58	390,62	1,8256
-30	195,96	393,48	1,8375
-25	200,34	396,40	1,8494
-20	204,72	399,36	1,8612
-15	209,11	402,36	1,8729
-10	213,48	405,40	1,8846
-5	217,86	408,48	1,8962
0	222,23	411,60	1,9077
5	226,59	414,75	1,9191
10	230,94	417,93	1,9305
15	235,29	421,14	1,9417
20	239,64	424,39	1,9529
25	243,97	427,67	1,9640
30	248,30	430,98	1,9750
35	252,62	434,32	1,9859
40	256,94	437,68	1,9968

-36	1,263		
-36	173,65	389,87	1,8141
-35	174,45	390,43	1,8165
-30	178,47	393,30	1,8284
-25	182,50	396,21	1,8402
-20	186,52	399,17	1,8520
-15	190,54	402,17	1,8638
-10	194,56	405,22	1,8775
-5	198,58	408,30	1,8871
0	202,59	411,42	1,8986
5	206,59	414,57	1,9100
10	210,59	417,76	1,9214
15	214,58	420,98	1,9327
20	218,57	424,23	1,9438
25	222,54	427,51	1,9549
30	226,51	430,83	1,9660
35	230,48	434,17	1,9669
40	234,43	437,54	1,9878

-34	1,380		
-34	159,82	390,80	1,8098
-30	162,78	393,10	1,8193
-25	166,48	396,01	1,8312
-20	170,19	398,97	1,8430
-15	173,89	401,97	1,8548
-10	177,59	405,02	1,8664
-5	181,28	408,10	1,8781
0	184,97	411,23	1,8896
5	188,65	414,38	1,9010
10	192,33	417,58	1,9124
15	196,00	420,80	1,9237
20	199,66	424,06	1,9349
25	203,32	427,34	1,9460
30	206,97	430,01	1,9571
35	210,61	434,01	1,9680

40	214,24	437,38	1,9789	20	153,57	423,46	1,9089
45	217,87	440,79	1,9897	25	156,45	426,76	1,9201
-32	1,506			30	159,31	430,09	1,9311
-32	147,31	391,73	1,8057	35	162,17	433,46	1,9422
-30	148,68	392,88	1,8104	40	165,02	436,85	1,9531
-25	152,09	395,79	1,8223	45	167,86	440,27	1,9639
-20	155,51	398,75	1,8341	50	170,70	443,72	1,9747
-15	158,92	401,76	1,8458	-26	1,936		
-10	162,33	404,81	1,8575	-26	116,32	394,45	1,7938
-5	165,74	407,89	1,8692	-25	116,87	395,03	1,7962
0	169,14	411,02	1,8807	-20	119,58	398,00	1,8080
5	172,53	414,18	1,8922	-15	122,29	401,01	1,8198
10	175,92	417,38	1,9036	-10	124,99	404,07	1,8315
15	179,30	420,61	1,9149	-5	127,70	407,17	1,8432
20	182,67	423,87	1,9261	0	130,39	410,31	1,8548
25	186,04	427,16	1,9372	5	133,08	413,49	1,8663
30	189,40	430,49	1,9483	10	135,76	416,70	1,8778
35	192,75	433,84	1,9593	15	138,44	419,95	1,8891
40	196,10	437,22	1,9702	20	141,11	423,23	1,9004
45	199,43	440,63	1,9810	25	143,77	426,54	1,9116
-30	1,640			30	146,42	429,88	1,9227
-30	135,98	392,65	1,8016	35	149,06	433,25	1,9338
-25	139,13	395,56	1,8135	40	151,70	436,65	1,9447
-20	142,29	398,52	1,8253	45	154,33	440,08	1,9556
-15	145,44	401,52	1,8371	50	156,96	443,53	1,9664
-10	148,59	404,58	1,8488	-24	2,098		
-5	151,74	407,67	1,8604	-24	107,80	395,33	1,7901
0	154,88	410,80	1,8720	-20	109,82	397,71	1,7995
5	158,01	413,97	1,8835	-15	112,34	400,72	1,8113
10	161,14	417,17	1,8949	-10	114,85	403,78	1,8230
15	164,26	420,40	1,9062	-5	117,37	406,89	1,8347
20	167,37	423,67	1,9174	0	119,87	410,04	1,8464
25	170,48	426,97	1,9286	5	122,37	413,22	1,8579
30	173,58	430,30	1,9397	10	124,86	416,44	1,8694
35	176,67	433,66	1,9506	15	127,34	419,69	1,8808
40	179,76	437,04	1,9616	20	129,82	422,98	1,8921
45	182,83	440,46	1,9724	25	132,29	426,30	1,9033
50	185,91	443,90	1,9831	30	134,75	429,65	1,9144
-28	1,783			35	137,20	433,03	1,9255
-28	125,68	393,55	1,7977	40	139,65	436,43	1,9365
-25	127,44	395,30	1,8048	45	142,09	439,87	1,9473
-20	130,36	398,27	1,8166	50	144,52	443,33	1,9581
-15	133,28	401,28	1,8284	55	146,95	446,82	1,9689
-10	136,20	404,33	1,8401	-22	2,271		
-5	139,11	407,43	1,8517	-22	100,03	396,21	1,7864
0	142,02	410,56	1,8633	-20	100,97	397,40	1,7911
5	144,92	413,73	1,8748	-15	103,31	400,42	1,8029
10	147,81	416,94	1,8863	-10	105,66	403,48	1,8147
15	150,70	420,18	1,8976	-5	108,00	406,59	1,8264

0	110,33	409,74	1,8380	-10	82,78	402,44	1,7900
5	112,65	412,94	1,8496	-5	84,69	405,57	1,8017
10	114,97	416,16	1,8611	0	86,60	408,75	1,8135
15	117,28	419,42	1,8725	5	88,50	411,96	1,8251
20	119,59	422,72	1,8838	10	90,38	415,21	1,8367
25	121,88	426,04	1,8951	15	92,27	418,50	1,8482
30	124,17	429,40	1,9063	20	94,14	421,82	1,8596
35	126,45	432,79	1,9173	25	96,00	425,17	1,8710
40	128,72	436,20	1,9283	30	97,86	428,56	1,8822
45	130,99	439,64	1,9392	35	99,71	431,97	1,8934
50	133,25	443,11	1,9500	40	101,55	435,41	1,9045
55	135,50	446,61	1,9608	45	103,39	438,88	1,9155
	-20	2,455		50	105,22	442,37	1,9264
-20	92,93	397,07	1,7828	55	107,04	445,90	1,9372
-15	95,12	400,09	1,7946	60	108,85	449,44	1,9479
-10	97,31	403,16	1,8063		-14	3,074	
-5	99,49	406,27	1,8181	-14	75,02	399,57	1,7724
0	101,66	409,43	1,8298	-10	76,46	402,05	1,7818
5	103,83	412,63	1,8414	-5	78,26	405,19	1,7937
10	105,99	415,87	1,8529	0	80,04	408,37	1,8054
15	108,15	419,14	1,8643	5	81,82	411,59	1,8171
20	110,29	422,44	1,8757	10	83,60	414,85	1,8287
25	112,43	425,77	1,8870	15	85,36	418,15	1,8403
30	114,56	429,14	1,8982	20	87,11	421,48	1,8517
35	116,68	432,53	1,9093	25	88,86	424,85	1,8631
40	118,80	435,95	1,9203	30	90,60	428,44	1,8744
45	120,91	439,40	1,9312				
50	123,01	442,88	1,9421	35	92,33	431,66	1,8856
55	125,10	446,39	1,9528	40	94,05	435,11	1,8967
60	127,19	449,92	1,9635	45	95,77	438,59	1,9077
	-18	2,649		50	97,48	442,10	1,9187
-18	86,43	397,92	1,7792	55	99,18	445,63	1,9295
-15	87,66	399,74	1,7863	60	100,88	449,18	1,9403
-10	89,71	402,81	1,7981	65	102,57	452,77	1,9509
-5	91,75	405,94	1,8099		-12	3,305	
0	93,78	409,10	1,8216	-12	70,01	400,38	1,7690
5	95,81	412,31	1,8332	-10	70,69	401,63	1,7738
10	97,83	415,55	1,8448	-5	72,37	404,77	1,7856
15	99,84	418,83	1,8562	0	74,05	407,96	1,7974
20	101,84	422,14	1,8676	5	75,73	411,20	1,8092
25	103,83	425,48	1,8789	10	77,39	414,47	1,8208
30	105,82	428,86	1,8902	15	79,05	417,78	1,8324
35	107,80	432,26	1,9013	20	80,69	421,12	1,8439
40	109,77	435,69	1,9123	25	82,33	424,50	1,8553
45	111,74	439,15	1,9233	30	83,96	427,90	1,8666
50	113,70	442,64	1,9342	35	85,59	431,33	1,8779
55	115,65	446,15	1,9450	40	87,20	434,80	1,8890
60	117,60	449,69	1,9557	45	88,81	438,28	1,9001
	-16	2,856		50	90,41	441,80	1,9110
-16	80,48	398,75	1,7758	55	92,01	445,34	1,9219
-15	80,87	399,36	1,7781	60	93,59	448,91	1,9327
				65	95,17	462,50	1,9434

-10	3,549			65	76,530	451,60	1,9213
-10	65,40	401,18	1,7658	70	77,832	455,25	1,9320
-5	66,99	404,33	1,7777	-4	4,363		
0	68,57	407,53	1,7895	-4	53,619	403,47	1,7563
5	70,15	410,78	1,8013	0	54,691	406,07	1,7659
10	71,71	414,06	1,8130	5	56,022	409,35	1,7778
15	73,27	417,39	1,8246	10	57,344	412,68	1,7897
20	74,82	420,74	1,8361	15	58,656	416,04	1,8014
25	76,36	424,13	1,8476	20	59,959	419,44	1,8131
30	77,89	427,54	1,8589	25	61,253	422,87	1,8247
35	79,42	430,99	1,8702	30	62,538	426,33	1,8362
40	80,93	434,46	1,8814	35	63,814	429,81	1,8476
45	82,44	437,96	1,8925	40	65,081	433,33	1,8589
50	83,94	441,49	1,9035	45	66,341	436,87	1,8701
55	85,44	445,04	1,9144	50	67,593	440,43	1,8813
60	86,93	448,62	1,9252	55	68,838	444,02	1,8923
65	88,41	452,22	1,9359	60	70,076	447,63	1,9032
70	89,88	455,84	1,9466	65	71,307	451,27	1,9140
-8	3,807			70	72,532	454,93	1,9248
-8	61,153	401,96	1,7626	75	73,751	458,61	1,9354
-5	62,054	403,86	1,7697	-2	4,664		
0	63,548	407,08	1,7816	-2	50,276	404,21	1,7533
5	65,035	410,33	1,7934	0	50,784	405,52	1,7581
10	66,512	413,63	1,8052	5	52,048	408,82	1,7700
15	67,981	416,96	1,8168	10	53,302	412,16	1,7820
20	69,440	420,33	1,8284	15	54,546	415,54	1,7938
25	70,891	423,73	1,8399	20	55,781	418,95	1,8055
30	72,334	427,16	1,8513	25	57,005	422,40	1,8172
35	73,768	430,62	1,8626	30	58,221	425,87	1,8287
40	75,194	434,10	1,8738	35	59,428	429,37	1,8402
45	76,612	437,62	1,8850	40	60,626	432,90	1,8516
50	78,024	441,15	1,8960	45	61,816	436,46	1,8628
55	79,428	444,72	1,9069	50	62,999	440,03	1,8740
60	80,825	448,31	1,9178	55	64,174	443,64	1,8850
65	82,216	451,92	1,9286	60	65,341	447,26	1,8960
70	83,601	455,55	1,9392	65	66,503	450,91	1,9069
-6	4,078			70	67,657	454,59	1,9177
-6	57,236	402,72	1,7594	75	68,806	458,28	1,9283
-5	57,520	403,36	1,7618	0	4,979		
0	58,934	406,59	1,7737	0	47,182	404,93	1,7503
5	60,339	409,86	1,7856	5	48,384	408,25	1,7623
10	61,735	413,17	1,7974	10	49,576	411,61	1,7743
15	63,122	416,52	1,8091	15	50,758	415,00	1,7862
20	64,500	419,90	1,8207	20	51,930	418,44	1,7980
25	65,869	423,31	1,8323	25	53,092	421,90	1,8097
30	67,229	426,76	1,8437	30	54,244	425,39	1,8213
35	68,580	430,23	1,8551	35	55,387	428,91	1,8328
40	69,924	433,73	1,8664	40	56,522	432,45	1,8442
45	71,259	437,25	1,8775	45	57,648	436,02	1,8555
50	72,587	440,80	1,8886	50	58,766	439,62	1,8667
55	73,908	444,38	1,8996	55	59,877	443,24	1,8778
60	75,232	447,98	1,9105	60	60,981	446,88	1,8889

65	62,077	450,54	1,8998	60	49,812	445,58	1,8677
70	63,168	454,22	1,9106	65	50,744	449,29	1,8788
75	64,252	457,93	1,9213	70	51,670	453,02	1,8897
80	65,330	461,66	1,93199	75	52,590	456,77	1,9006
2	5,311			80	53,503	460,54	1,9113
2	44,315	405,63	1,7473	85	54,410	464,33	1,9220
5	45,001	407,64	1,7545	8	6,404		
10	46,137	411,02	1,7666	8	36,890	407,64	1,7386
15	47,262	414,44	1,7786	10	37,286	409,02	1,7435
20	48,376	417,89	1,7904	15	38,269	412,51	1,7557
25	49,481	421,37	1,8022	20	39,239	416,03	1,7679
30	50,575	424,88	1,8139	25	40,198	419,58	1,7799
35	51,660	428,42	1,8255	30	41,146	423,16	1,7918
40	52,736	431,98	1,8369	35	42,083	426,76	1,8036
45	53,804	435,57	1,8483	40	43,011	430,38	1,8152
50	54,863	439,18	1,8596	45	43,929	434,03	1,8268
55	55,915	442,81	1,8707	50	44,839	437,70	1,8382
60	56,959	446,47	1,8818	55	45,740	441,90	1,8495
65	57,996	450,14	1,8927	60	46,634	445,10	1,8608
70	59,027	453,84	1,9036	65	47,520	448,84	1,8719
75	60,052	457,57	1,9144	70	48,399	452,58	1,8829
80	61,071	461,31	1,9250	75	49,272	456,34	1,8938
4	5,658			80	50,138	460,13	1,9046
4	41,655	406,32	1,7444	85	50,999	463,94	1,9153
5	41,874	406,99	1,7468	10	6,8032		
10	42,958	410,39	1,7589	10	34,754	408,27	1,7358
15	44,031	413,83	1,7710	15	35,697	411,79	1,7481
20	45,093	417,30	1,7829	20	36,627	415,33	1,7603
25	46,144	420,81	1,7948	25	37,545	418,91	1,7724
30	47,185	424,34	1,8065	30	38,452	422,51	1,7844
35	48,217	427,89	1,8181	35	39,348	426,14	1,7963
40	49,239	431,48	1,8297	40	40,234	429,79	1,8080
45	50,253	435,08	1,8411	45	41,111	433,46	1,8197
50	51,258	438,71	1,8524	50	41,978	437,15	1,8312
55	52,255	442,36	1,8636	55	42,837	440,86	1,8426
60	53,245	446,03	1,8747	60	43,688	444,59	1,8538
65	54,228	449,73	1,8857	65	44,531	448,34	1,8650
70	55,204	453,44	1,8966	70	45,368	452,11	1,8761
75	56,174	457,18	1,9074	75	46,197	455,89	1,8870
80	57,138	460,93	1,9182	80	47,021	459,70	1,8979
6	6,022			85	47,838	463,52	1,9086
6	39,186	406,98	1,7415	90	48,650	467,36	1,9193
10	40,015	409,73	1,7512	12	7,220		
15	41,040	413,19	1,7634	12	32,763	408,88	1,7330
20	42,054	416,69	1,7754	15	33,306	411,02	1,7405
25	43,057	420,21	1,7873	20	34,200	414,60	1,7528
30	44,050	423,76	1,7991	25	35,082	418,20	1,7650
35	45,032	427,34	1,8108	30	35,951	421,83	1,7770
40	46,005	430,95	1,8224	35	36,809	425,49	1,7890
45	46,969	434,57	1,8339	40	37,657	429,16	1,8008
50	47,925	438,22	1,8453	45	38,495	432,86	1,8125
55	48,872	441,89	1,8566	50	39,324	436,57	1,8241

55	40,143	440,31	1,8356	50	32,425	434,64	1,8030
60	40,955	444,06	1,8469	55	33,145	438,45	1,8148
65	41,759	447,83	1,8582	60	33,856	442,27	1,8263
70	42,555	451,61	1,8693	65	34,558	446,11	1,8378
75	43,345	455,42	1,8803	70	35,253	449,97	1,8491
80	44,129	459,24	1,8912	75	35,941	453,84	1,8603
85	44,906	463,08	1,9020	80	36,621	457,72	1,8713
90	45,678	466,93	1,9127	85	37,296	461,62	1,8823
14	7,656			90	37,964	465,53	1,8932
14	30,907	409,48	1,7302	95	38,627	469,46	1,9039
15	31,081	410,20	1,7327	20	9,081		
20	31,942	413,81	1,7452	20	26,041	411,14	1,7221
25	32,790	417,45	1,7575	25	26,806	414,90	1,7348
30	33,626	421,11	1,7697	30	27,557	418,68	1,7473
35	34,449	424,80	1,7817	35	28,294	422,47	1,7597
40	35,262	428,50	1,7996	40	29,018	426,27	1,7720
45	36,064	432,22	1,8054	45	29,730	430,09	1,7841
50	36,857	435,96	1,8171	50	30,432	433,92	1,7960
55	37,641	439,72	1,8286	55	31,124	437,76	1,8078
60	38,416	443,49	1,8400	60	31,806	441,62	1,8195
65	39,183	447,28	1,8513	65	32,480	445,48	1,8310
70	39,943	451,09	1,8625	70	33,146	449,36	1,8424
75	40,696	454,92	1,8736	75	33,804	453,26	1,8536
80	41,443	458,76	1,8845	80	34,456	457,16	1,8648
85	42,183	462,61	1,8954	85	35,100	461,08	1,8758
90	42,918	466,49	1,9061	90	35,739	465,01	1,8867
16	8,111			95	36,372	468,96	1,8975
16	29,174	410,05	1,7275	100	37,000	472,92	1,9083
20	29,838	412,98	1,7375	22	9,597		
25	30,656	416,65	1,7500	22	24,623	411,66	1,7194
30	31,460	420,35	1,7623	25	25,067	413,94	1,7271
35	32,252	424,06	1,7744	30	25,795	417,76	1,7398
40	33,033	427,80	1,7864	35	26,508	421,60	1,7523
45	33,802	431,55	1,7983	40	27,208	425,44	1,7647
50	34,562	435,32	1,8101	45	27,895	429,30	1,7769
55	35,313	439,10	1,8217	50	28,572	433,16	1,7890
60	36,055	442,90	1,8332	55	29,238	437,04	1,8009
65	36,788	446,71	1,8445	60	29,894	440,92	1,8126
70	37,514	450,54	1,8558	65	30,541	444,82	1,8242
75	38,233	454,39	1,8669	70	31,180	448,73	1,8357
80	38,946	458,25	1,8779	75	31,811	452,65	1,8470
85	39,652	462,13	1,8888	80	32,436	456,58	1,8582
90	40,352	466,02	1,8996	85	33,053	460,52	1,8693
95	41,047	469,93	1,9103	90	33,664	464,47	1,8803
18	8,586			95	34,270	468,44	1,8911
18	27,555	410,61	1,7248	100	34,870	472,42	1,9019
20	27,875	412,09	1,7298	24	10,134		
25	28,666	415,80	1,7424	24	23,294	412,15	1,7167
30	29,442	419,54	1,7548	25	23,438	412,92	1,7193
35	30,205	423,29	1,7671	30	24,145	416,79	1,7322
40	30,956	427,06	1,7792	35	24,837	420,67	1,7448
45	31,696	430,84	1,7912	40	25,515	424,56	1,7574

45	26,180	428,46	1,7697	45	21,654	425,63	1,7478
50	26,833	432,36	1,7819	50	22,249	429,68	1,7604
55	27,475	436,27	1,7939	55	22,832	433,71	1,7728
60	28,107	440,19	1,8057	60	23,403	437,75	1,7850
65	28,730	444,12	1,8174	65	23,963	441,79	1,7970
70	29,344	448,06	1,8290	70	24,514	445,83	1,8089
75	29,950	452,00	1,8404	75	25,056	449,87	1,8206
80	30,549	455,96	1,8517	80	25,590	453,92	1,8321
85	31,141	459,93	1,8629	85	26,117	457,97	1,8435
90	31,727	463,91	1,8739	90	26,637	462,03	1,8548
95	32,307	467,90	1,8848	95	27,150	466,10	1,8659
100	32,881	471,90	1,8956	100	27,658	470,17	1,8769
26	10,693			105	28,159	474,25	1,8877
26	22,048	412,62	1,7140	110	28,656	478,34	1,8985
30	22,599	415,76	1,7244	32	12,507		
35	23,272	419,69	1,7373	32	18,744	413,88	1,7060
40	23,929	423,63	1,7500	35	19,120	416,36	1,7140
45	24,574	427,57	1,7625	40	19,732	420,47	1,7273
50	25,205	431,51	1,7748	45	20,326	424,58	1,7403
55	25,825	435,46	1,7869	50	20,905	428,67	1,7531
60	26,435	439,42	1,7989	55	21,471	432,76	1,7656
65	27,036	443,38	1,8107	60	22,025	436,85	1,7780
70	27,627	447,35	1,8223	65	22,569	440,93	1,7901
75	28,210	451,33	1,8338	70	23,102	445,01	1,8021
80	28,786	455,31	1,8452	75	23,626	449,09	1,8139
85	29,355	459,31	1,8564	80	24,141	453,17	1,8256
90	29,917	463,31	1,8675	85	24,649	457,26	1,8371
95	30,473	467,33	1,8785	90	25,150	461,35	1,8484
100	31,023	471,35	1,8893	95	25,644	465,44	1,8596
105	31,568	475,38	1,9001	100	26,132	469,54	1,8707
28	11,275			105	26,615	473,65	1,8816
28	20,878	413,06	1,7113	110	27,092	477,76	1,8924
30	21,146	414,66	1,7166	34	13,160		
35	21,802	418,65	1,7297	34	17,771	414,25	1,7033
40	22,442	422,64	1,7425	35	17,893	415,09	1,7060
45	23,068	426,63	1,7552	40	18,493	419,28	1,7195
50	23,680	430,62	1,7676	45	19,075	423,46	1,7327
55	24,281	434,61	1,7799	50	19,641	427,61	1,7457
60	24,870	438,61	1,7919	55	20,193	431,76	1,7584
65	25,450	442,61	1,8039	60	20,731	435,89	1,7709
70	26,020	446,61	1,8156	65	21,258	440,02	1,7832
75	26,582	450,62	1,8272	70	21,775	444,14	1,7953
80	27,136	454,63	1,8387	75	22,282	448,26	1,8073
85	27,683	458,66	1,8500	80	22,781	452,38	1,8190
90	28,223	462,69	1,8611	85	23,271	456,50	1,8306
95	28,757	466,73	1,8722	90	23,755	460,63	1,8420
100	29,285	470,77	1,8831	95	24,231	464,75	1,8533
105	29,808	474,83	1,8939	100	24,701	468,88	1,8644
30	11,879			105	25,166	473,01	1,8755
30	19,779	413,48	1,7086	110	25,625	477,15	1,8863
35	20,421	417,54	1,7219	36	13,837		
40	21,045	421,59	1,7350	36	16,853	414,59	1,7006

40	17,325	418,01	1,7116	42	16,024		
45	17,896	422,26	1,7251	42	14,400	415,44	1,6924
50	18,450	426,49	1,7382	45	14,729	418,16	1,7010
55	18,988	430,69	1,7511	50	15,258	422,65	1,7150
60	19,513	434,88	1,7638	55	15,768	427,09	1,7286
65	20,026	439,06	1,7763	60	16,261	431,48	1,7419
70	20,528	443,23	1,7885	65	16,739	435,85	1,7549
75	21,020	447,40	1,8006	70	17,204	440,19	1,7677
80	21,503	451,56	1,8124	75	17,658	444,51	1,7802
85	21,977	455,71	1,8241	80	18,101	448,81	1,7924
90	22,444	459,87	1,8356	85	18,535	453,10	1,8045
95	22,904	464,03	1,8470	90	18,960	457,37	1,8163
100	23,358	468,19	1,8582	95	19,377	461,64	1,8280
105	23,805	472,35	1,8693	100	19,788	465,91	1,8395
110	24,247	476,52	1,8803	105	20,191	470,17	1,8509
115	24,684	480,69	1,8911	110	20,589	474,43	1,8621
38	14,539			115	20,982	478,69	1,8731
38	15,988	414,90	1,6979	120	21,369	482,95	1,8840
40	16,219	416,65	1,7035	44	16,806		
45	16,782	420,99	1,7172	44	13,670	415,66	1,6896
50	17,326	425,29	1,7306	45	13,778	416,59	1,6926
55	17,853	429,56	1,7438	50	14,304	421,19	1,7069
60	18,366	433,81	1,7566	55	14,808	425,73	1,7208
65	18,866	438,05	1,7692	60	15,294	430,21	1,7344
70	19,354	442,27	1,7816	65	15,763	434,65	1,7476
75	19,832	446,48	1,7938	70	16,219	439,06	1,7606
80	20,300	450,69	1,8058	75	16,662	443,44	1,7732
85	20,760	454,88	1,8176	80	17,094	447,79	1,7857
90	21,212	459,08	1,8292	85	17,516	452,13	1,7979
95	21,657	463,27	1,8407	90	17,929	456,46	1,8098
100	22,095	467,46	1,8520	95	18,335	460,77	1,8216
105	22,527	471,66	1,8632	100	18,733	465,07	1,8333
110	22,953	475,85	1,8742	105	19,124	469,37	1,8447
115	23,374	480,05	1,8851	110	19,509	473,67	1,8560
40	15,268			115	19,889	477,96	1,8671
40	15,171	415,19	1,6952	120	20,263	482,25	1,8781
45	15,728	419,62	1,7092	46	17,617		
50	16,264	424,01	1,7229	46	12,979	415,85	1,6868
55	16,782	428,36	1,7363	50	13,397	419,63	1,6986
60	17,284	432,68	1,7493	55	13,897	424,27	1,7129
65	17,772	436,98	1,7621	60	14,377	428,85	1,7267
70	18,248	441,26	1,7747	65	14,839	433,38	1,7402
75	18,713	445,52	1,7870	70	15,286	437,86	1,7533
80	19,168	449,77	1,7991	75	15,720	442,31	1,7662
85	19,614	454,01	1,8111	80	16,142	446,72	1,7788
90	20,052	458,25	1,8228	85	16,554	451,12	1,7912
95	20,483	462,48	1,8344	90	16,957	455,49	1,8033
100	20,907	466,70	1,8458	95	17,351	459,85	1,8152
105	21,324	470,93	1,8570	100	17,738	464,20	1,8269
110	21,736	475,16	1,8681	105	18,117	468,54	1,8385
115	22,142	479,39	1,8791	110	18,491	472,87	1,8499
120	22,543	483,62	1,8899	115	18,858	477,19	1,8611

120	19,220	481,52	1,8722	120	15,197	477,80	1,8452
125	19,557	485,84	1,8831	125	15,508	482,28	1,8566
48	18,457			130	15,814	486,75	1,8677
48	12,325	416,00	1,6840	135	16,115	491,22	1,8787
50	12,532	417,94	1,6900	60	24,145		
55	13,031	422,72	1,7047	60	9,033	415,99	1,6656
60	13,506	427,40	1,7188	65	9,501	421,61	1,6824
65	13,963	432,03	1,7326	70	9,934	426,99	1,6982
70	14,403	436,59	1,7460	75	10,341	432,20	1,7132
75	14,829	441,11	1,7591	80	10,727	437,28	1,7277
80	15,242	445,60	1,7719	85	11,095	442,25	1,7417
85	15,645	450,05	1,7844	90	11,448	447,14	1,7552
90	16,038	454,48	1,7967	95	11,789	451,96	1,7684
95	16,422	458,89	1,8087	100	12,119	456,72	1,7813
100	16,798	463,28	1,8206	105	12,440	461,44	1,7938
105	17,167	467,66	1,8323	110	12,752	466,11	1,8061
110	17,529	472,03	1,8437	115	13,056	470,76	1,8182
115	17,885	476,40	1,8551	120	13,353	475,38	1,8300
120	18,236	480,75	1,8662	125	13,645	479,97	1,8416
125	18,581	485,11	1,8772	130	13,930	484,55	1,8530
50	19,327			135	14,211	489,11	1,8643
50	11,704	416,11	1,6811	140	14,487	493,66	1,8753
55	12,204	421,04	1,6962	65	26,873		
60	12,678	425,86	1,7108	65	7,919	415,40	1,6570
65	13,131	430,58	1,7249	70	8,380	421,49	1,6749
70	13,565	435,24	1,7385	75	8,800	427,24	1,6915
75	13,984	439,85	1,7519	80	9,190	432,74	1,7072
80	14,390	444,40	1,7649	85	9,557	438,07	1,7222
85	14,784	448,92	1,7776	90	9,905	443,25	1,7365
90	15,168	453,41	1,7900	95	10,237	448,33	1,7504
95	15,543	457,88	1,8022	100	10,557	453,32	1,7639
100	15,909	462,32	1,8142	105	10,865	458,23	1,7770
105	16,268	466,75	1,8260	110	11,163	463,09	1,7897
110	16,620	471,16	1,8376	115	11,452	467,89	1,8022
115	16,966	475,56	1,8490	120	11,734	472,66	1,8144
120	17,306	479,96	1,8603	125	12,009	477,39	1,8263
125	17,641	484,34	1,8713	130	12,278	482,09	1,8381
130	17,971	488,73	1,8823	135	12,541	486,76	1,8496
55	21,635			140	12,799	491,42	1,8609
55	10,286	416,20	1,6736	145	13,053	496,05	1,8721
60	10,767	421,44	1,6894	70	29,832		
65	11,218	426,52	1,7046	70	6,918	414,35	1,6475
70	11,645	431,48	1,7191	75	7,381	421,04	1,6668
75	12,053	436,33	1,7332	80	7,793	427,22	1,6845
80	12,445	441,11	1,7468	85	8,171	433,07	1,7009
85	12,823	445,83	1,7600	90	8,522	438,68	1,7165
90	13,189	450,49	1,7730	95	8,852	444,10	1,7313
95	13,544	455,11	1,7856	100	9,167	449,39	1,7456
100	13,890	459,70	1,7980	105	9,467	454,56	1,7593
105	14,227	464,25	1,8101	110	9,756	459,64	1,7727
110	14,557	468,79	1,8220	115	10,034	464,65	1,7857
115	14,880	473,30	1,8337	120	10,304	469,59	1,7983

125	10,566	474,48	1,8107	125	7,1121	463,16	1,7594
130	10,821	479,33	1,8228	130	7,3439	468,69	1,7732
135	11,070	484,14	1,8346	135	7,5664	474,10	1,7866
140	11,313	488,91	1,8463	140	7,7807	479,42	1,7995
145	11,551	493,66	1,8577	145	7,9880	484,66	1,8122
150	11,785	498,39	1,8689	150	8,1890	489,84	1,8245
75	33,042			155	8,3845	494,95	1,8365
75	6,010	412,67	1,6366	160	8,5751	500,02	1,8482
80	6,485	420,18	1,6580	165	8,7611	505,05	1,8598
85	6,895	426,91	1,6770	90	44,374		
90	7,263	433,17	1,6943	90	3,5860	399,75	1,5855
95	7,602	439,10	1,7105	95	4,2638	413,92	1,6241
100	7,918	444,79	1,7259	100	4,7103	423,56	1,6502
105	8,216	450,31	1,7406	105	5,0731	431,66	1,6717
110	8,500	455,68	1,7547	110	5,3889	438,94	1,6908
115	8,771	460,94	1,7683	115	5,6735	445,68	1,7083
120	9,032	466,11	1,7816	120	5,9355	452,06	1,7247
125	9,285	471,20	1,7944	125	6,1801	458,17	1,7401
130	9,529	476,22	1,8070	130	6,4108	464,07	1,7548
135	9,766	481,19	1,8192	135	6,6301	469,79	1,7689
140	9,997	486,12	1,8312	140	6,8398	475,39	1,7826
145	10,223	491,00	1,8430	145	7,0413	480,87	1,7958
150	10,444	495,85	1,8545	150	7,2357	486,26	1,8086
155	10,659	500,67	1,8658	155	7,4239	491,27	1,8210
80	36,520			160	7,6065	496,81	1,8332
80	5,173	410,12	1,6238	165	7,7842	501,99	1,8451
85	5,676	418,81	1,6482	170	7,9575	507,13	1,8568
90	6,090	426,24	1,6689	95	48,801		
95	6,452	432,99	1,6873	95	2,5992	384,72	1,5405
100	6,781	439,30	1,7043	100	3,6423	410,00	1,6089
105	7,085	445,30	1,7203	105	4,1194	421,42	1,6393
110	7,369	451,07	1,7355	110	4,4866	430,45	1,6630
115	7,638	456,66	1,7500	115	4,7984	438,34	1,6834
120	7,895	462,12	1,7639	120	5,0753	445,54	1,7019
125	8,140	467,46	1,7774	125	5,3277	452,27	1,7189
130	8,377	472,70	1,7905	130	5,5618	458,67	1,7349
135	8,605	477,87	1,8033	135	5,7814	464,82	1,7500
140	8,827	482,97	1,8157	140	5,9892	470,76	1,7645
145	9,042	488,02	1,8278	145	6,1873	476,55	1,7784
150	9,252	493,01	1,8397	150	6,3771	482,21	1,7919
155	9,457	497,97	1,8514	155	6,5598	487,75	1,8049
160	9,657	502,89	1,8628	160	6,7362	493,20	1,8176
85	40,289			165	6,9070	498,58	1,8299
85	4,3804	406,22	1,6078	170	7,0731	503,88	1,8419
90	4,9397	416,79	1,6371	175	7,2347	509,13	1,8537
95	5,3650	425,15	1,6600				
100	5,7260	432,50	1,6798				
105	6,0472	439,25	1,6978				
110	6,3405	445,60	1,7145				
115	6,6131	451,66	1,7302				
120	6,8692	457,50	1,7451				

BẢNG 7: BẢNG HƠI BẢO HOÀ R134a

T °C	p bar	v' m ³ /kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/(kg.°C)	s'' kJ/(kg.°C)
-100	0,0057	0,0006	25	77,3	337,2	259,9	0,4448	1,946
-99	0,0063	0,0006	22,7273	78,4	337,8	259,4	0,4514	1,9407
-98	0,007	0,0006	20,4082	79,6	338,4	258,8	0,4581	1,9356
-97	0,0077	0,0006	18,5185	80,7	339	258,2	0,4646	1,9306
-96	0,0086	0,0006	16,9492	81,9	339,6	257,7	0,4711	1,9257
-95	0,0095	0,0006	15,3846	83	340,1	257,1	0,4776	1,9209
-94	0,0104	0,0006	13,8889	84,2	340,7	256,6	0,4841	1,9161
-93	0,0115	0,0006	12,6582	85,3	341,3	256	0,4905	1,9115
-92	0,0127	0,0006	11,6279	86,5	341,9	255,4	0,4968	1,907
-91	0,014	0,0006	10,6383	87,6	342,5	254,9	0,5032	1,9025
-90	0,0153	0,0006	9,7087	88,8	343,1	254,3	0,5095	1,8982
-89	0,0168	0,0006	8,9286	89,9	343,7	253,8	0,5158	1,8939
-88	0,0184	0,0006	8,1967	91,1	344,3	253,2	0,522	1,8898
-87	0,0202	0,0006	7,5188	92,3	344,9	252,7	0,5282	1,8857
-86	0,022	0,0006	6,8966	93,4	345,5	252,1	0,5344	1,8817
-85	0,0241	0,0006	6,3291	94,6	346,2	251,6	0,5406	1,8778
-84	0,0263	0,0007	5,848	95,7	346,8	251	0,5467	1,8739
-83	0,0286	0,0007	5,4054	96,9	347,4	250,5	0,5528	1,8702
-82	0,0311	0,0007	4,9751	98	348	249,9	0,5589	1,8665
-81	0,0339	0,0007	4,6083	99,2	348,6	249,4	0,565	1,8629
-80	0,0368	0,0007	4,2553	100,4	349,2	248,8	0,571	1,8594
-79	0,0399	0,0007	3,9526	101,5	349,8	248,3	0,577	1,8559
-78	0,0433	0,0007	3,663	102,7	350,4	247,7	0,583	1,8525
-77	0,0469	0,0007	3,3898	103,9	351,1	247,2	0,589	1,8492
-76	0,0507	0,0007	3,1546	105	351,7	246,6	0,5949	1,846
-75	0,0548	0,0007	2,9326	106,2	352,3	246,1	0,6009	1,8428
-74	0,0592	0,0007	2,7248	107,4	352,9	245,5	0,6068	1,8397
-73	0,0639	0,0007	2,5381	108,6	353,5	245	0,6126	1,8366
-72	0,0689	0,0007	2,3641	109,7	354,2	244,4	0,6185	1,8336
-71	0,0742	0,0007	2,2075	110,9	354,8	243,9	0,6243	1,8307
-70	0,0798	0,0007	2,0576	112,1	355,4	243,3	0,6302	1,8279
-69	0,0858	0,0007	1,9231	113,3	356	242,8	0,636	1,8251
-68	0,0922	0,0007	1,7986	114,5	356,6	242,2	0,6417	1,8223
-67	0,0989	0,0007	1,6835	115,6	357,3	241,6	0,6475	1,8196
-66	0,1061	0,0007	1,5773	116,8	357,9	241,1	0,6532	1,817
-65	0,1137	0,0007	1,4771	118	358,5	240,5	0,659	1,8144
-64	0,1218	0,0007	1,385	119,2	359,2	239,9	0,6647	1,8119
-63	0,1303	0,0007	1,3004	120,4	359,8	239,4	0,6704	1,8095
-62	0,1393	0,0007	1,221	121,6	360,4	238,8	0,676	1,8071
-61	0,1488	0,0007	1,1481	122,8	361	238,2	0,6817	1,8047
-60	0,1589	0,0007	1,0799	124	361,7	237,7	0,6873	1,8024
-59	0,1695	0,0007	1,0163	125,2	362,3	237,1	0,6929	1,8001
-58	0,1807	0,0007	0,9579	126,4	362,9	236,5	0,6985	1,7979
-57	0,1925	0,0007	0,9025	127,6	363,6	236	0,7041	1,7958
-56	0,2049	0,0007	0,8511	128,8	364,2	235,4	0,7097	1,7937
-55	0,218	0,0007	0,8032	130	364,8	234,8	0,7152	1,7916
-54	0,2317	0,0007	0,7587	131,2	365,4	234,2	0,7208	1,7896

-53	0,2467	0,0007	0,7168	132,4	366,1	233,6	0,7263	1,7876
-52	0,2614	0,0007	0,6775	133,7	366,7	233,1	0,7318	1,7857
-51	0,2773	0,0007	0,641	134,9	367,3	232,5	0,7373	1,7838
-50	0,2941	0,0007	0,6068	136,1	368	231,9	0,7428	1,7819
-49	0,3116	0,0007	0,5747	137,3	368,6	231,3	0,7482	1,7801
-48	0,33	0,0007	0,5447	138,5	368,7	230,7	0,7537	1,7783
-47	0,3493	0,0007	0,5165	139,8	368,9	230,1	0,7591	1,7766
-46	0,3695	0,0007	0,4907	141	370,5	229,5	0,7645	1,7749
-45	0,3906	0,0007	0,4653	142,2	371,1	228,9	0,7699	1,7732
-44	0,4127	0,0007	0,4419	143,5	371,8	228,3	0,7753	1,7716
-43	0,4358	0,0007	0,4198	144,7	372,4	227,7	0,7806	1,77
-42	0,4599	0,0007	0,3992	145,9	373	227,1	0,786	1,7685
-41	0,4851	0,0007	0,3798	147,2	373,7	226,5	0,7913	1,767
-40	0,5114	0,0007	0,3614	148,4	374,3	225,9	0,7967	1,7655
-39	0,5388	0,0007	0,3441	149,6	374,9	225,3	0,802	1,7641
-38	0,5674	0,0007	0,3279	150,9	375,5	224,7	0,8073	1,7627
-37	0,5972	0,0007	0,3125	152,1	376,2	224	0,8126	1,7613
-36	0,6483	0,0007	0,298	153,4	376,8	223,4	0,8178	1,7599
-35	0,6607	0,0007	0,2843	154,6	377,4	222,8	0,8231	1,7586
-34	0,6943	0,0007	0,2713	155,9	378,1	222,2	0,8283	1,7573
-33	0,7293	0,0007	0,259	157,1	378,7	221,5	0,8336	1,7561
-32	0,7658	0,0007	0,2474	158,4	379,3	220,9	0,8388	1,7548
-31	0,8036	0,0007	0,2365	159,7	379,9	220,3	0,844	1,7536
-30	0,8429	0,0007	0,226	160,9	380,6	219,6	0,8492	1,7525
-29	0,8837	0,0007	0,2162	162,2	381,2	219	0,8544	1,7513
-28	0,9261	0,0007	0,2069	163,5	381,8	218,3	0,8595	1,7502
-27	0,9702	0,0007	0,1981	164,7	382,4	217,7	0,8647	1,7491
-26	1,0158	0,0007	0,1896	166	383,1	217,1	0,8698	1,7481
-25	1,0632	0,0007	0,1817	167,3	383,7	216,4	0,875	1,747
-24	1,1122	0,0007	0,1741	168,6	384,4	215,7	0,8801	1,746
-23	1,1631	0,0007	0,1669	169,8	384,9	215,1	0,8852	1,745
-22	1,2157	0,0007	0,1601	171,1	385,5	214,4	0,8903	1,744
-21	1,2702	0,0007	0,1536	172,4	386,2	213,7	0,8954	1,743
-20	1,3267	0,0007	0,1474	173,7	386,8	213,1	0,9005	1,7422
-19	1,385	0,0007	0,1415	175	387,4	212,4	0,9055	1,7413
-18	1,4454	0,0007	0,1359	176,3	388	211,7	0,9106	1,7404
-17	1,5078	0,0007	0,1306	177,6	388,6	211	0,9157	1,7395
-16	1,5723	0,0007	0,1255	178,9	389,2	210,4	0,9207	1,7387
-15	1,639	0,0007	0,1207	180,2	389,8	209,7	0,9257	1,7379
-14	1,7078	0,0007	0,116	181,5	390,4	209	0,9307	1,7371
-13	1,7789	0,0007	0,1116	182,8	391,1	208,3	0,9357	1,7363
-12	1,8522	0,0008	0,1074	184,1	391,7	207,6	0,9407	1,7356
-11	1,9279	0,0008	0,1034	185,4	392,3	206,9	0,9457	1,7348
-10	2,006	0,0008	0,0996	186,7	392,9	206,2	0,9507	1,7341
-9	2,0865	0,0008	0,0959	188	393,5	205,4	0,9557	1,7334
-8	2,1695	0,0008	0,0924	189,3	394,1	204,7	0,9606	1,7327
-7	2,255	0,0008	0,089	190,7	394,7	204	0,9656	1,7321
-6	2,3432	0,0008	0,0858	192	395,3	203,3	0,9705	1,7314
-5	2,4339	0,0008	0,0828	193,3	395,9	202,5	0,9755	1,7308
-4	2,5274	0,0008	0,0798	194,6	396,4	201,8	0,9804	1,7302
-3	2,6236	0,0008	0,077	196	397	201,1	0,9853	1,7295

-2	2,7226	0,0008	0,0743	197,3	397,6	200,3	0,9902	1,729
-1	2,8245	0,0008	0,0718	198,7	398,2	199,5	0,9951	1,7284
0	2,9293	0,0008	0,0693	200	398,8	198,8	1	1,7278
1	3,037	0,0008	0,0669	201,3	399,4	198	1,0049	1,7273
2	3,1477	0,0008	0,0646	202,7	400	197,3	1,0098	1,7267
3	3,2616	0,0008	0,0624	204	400,5	196,5	1,0146	1,7262
4	3,3785	0,0008	0,0604	205,4	401,1	195,7	1,0195	1,7257
5	3,4987	0,0008	0,0583	206,8	401,7	194,9	1,0244	1,7252
6	3,6221	0,0008	0,0564	208,1	402,3	194,2	1,0292	1,7247
7	3,7488	0,0008	0,0546	209,5	402,8	193,4	1,034	1,7242
8	3,8788	0,0008	0,0528	210,8	403,4	192,6	1,0389	1,7238
9	4,0123	0,0008	0,0511	212,2	404	191,8	1,0437	1,7233
10	4,1492	0,0008	0,0494	213,6	404,5	190,9	1,0485	1,7229
11	4,2897	0,0008	0,0478	215	405,1	190,1	1,0533	1,7224
12	4,4337	0,0008	0,0463	216,4	405,6	189,3	1,0582	1,722
13	4,5811	0,0008	0,0448	217,7	406,2	188,5	1,063	1,7216
14	4,7325	0,0008	0,0434	219,1	406,8	187,6	1,0678	1,7212
15	4,8878	0,0008	0,0421	220,5	407,3	186,8	1,0726	1,7208
16	5,0468	0,0008	0,0408	221,9	407,8	185,9	1,0773	1,7204
17	5,2098	0,0008	0,0395	223,3	408,4	185,1	1,0821	1,72
18	5,3767	0,0008	0,0383	224,7	408,9	184,2	1,0869	1,7196
19	5,5476	0,0008	0,0371	226,1	409,5	183,3	1,0917	1,7192
20	5,7225	0,0008	0,036	227,5	410	182,5	1,0964	1,7189
21	5,9016	0,0008	0,0349	228,9	410,5	181,6	1,1012	1,7185
22	6,0849	0,0008	0,0338	230,4	411	180,7	1,106	1,7182
23	6,2725	0,0008	0,0328	231,8	411,6	179,8	1,1107	1,7178
24	6,4644	0,0008	0,0318	233,2	412,1	178,9	1,1155	1,7175
25	6,6606	0,0008	0,0309	234,6	412,6	178	1,1202	1,7171
26	6,8613	0,0008	0,03	236,1	413,1	177	1,125	1,7168
27	7,0666	0,0008	0,0291	237,5	413,6	176,1	1,1297	1,7165
28	7,2764	0,0008	0,0283	238,9	414,1	175,2	1,1345	1,7161
29	7,4904	0,0008	0,0274	240,4	414,6	174,2	1,1392	1,7158
30	7,7102	0,0008	0,0266	241,8	415,1	173,3	1,1439	1,7155
31	7,9343	0,0008	0,0259	243,3	415,6	172,3	1,1487	1,7151
32	8,1628	0,0008	0,0251	244,8	416,1	171,3	1,1534	1,7148
33	8,3966	0,0009	0,0244	246,2	416,6	170,3	1,1581	1,7145
34	8,6353	0,0009	0,0237	247,7	417	169,3	1,1628	1,7142
35	8,8791	0,0009	0,023	249,2	417,5	168,3	1,1676	1,7138
36	9,128	0,0009	0,0224	250,6	418	167,3	1,1723	1,7135
37	9,382	0,0009	0,0218	252,1	418,4	166,3	1,177	1,7132
38	9,6414	0,0009	0,0211	253,6	418,9	165,3	1,1817	1,7129
39	9,906	0,0009	0,0205	255,1	419,3	164,2	1,1864	1,7125
40	10,1761	0,0009	0,02	256,6	419,8	163,2	1,1912	1,7122
41	10,4516	0,0009	0,0194	258,1	420,2	162,1	1,1959	1,7119
42	10,7326	0,0009	0,0189	259,6	420,6	161	1,2006	1,7115
43	11,0193	0,0009	0,0184	261,1	421,1	159,9	1,2053	1,7112
44	11,3116	0,0009	0,0178	262,7	421,5	158,8	1,2101	1,7108
45	11,6101	0,0009	0,0174	264,2	421,9	157,7	1,2148	1,7105
46	11,9141	0,0009	0,0169	265,7	422,3	156,6	1,2195	1,7101
47	12,2241	0,0009	0,0164	267,3	422,7	155,4	1,2242	1,7097
48	12,5395	0,0009	0,016	268,8	423,1	154,3	1,229	1,7093

49	12,8617	0,0009	0,0155	270,4	423,5	153,1	1,2337	1,709
50	13,19	0,0009	0,0151	271,9	423,8	151,9	1,2384	1,7086
51	13,5244	0,0009	0,0147	273,5	424,2	150,7	1,2432	1,7082
52	13,8652	0,0009	0,0143	275,1	424,6	149,5	1,2479	1,7077
53	14,2123	0,0009	0,0139	276,6	424,9	148,3	1,2527	1,7073
54	14,5658	0,0009	0,0135	278,2	425,3	147	1,2574	1,7069
55	14,9259	0,0009	0,0132	279,8	425,6	145,8	1,2622	1,7064
56	15,2926	0,0009	0,0128	281,4	425,9	144,5	1,267	1,7059
57	15,6661	0,0009	0,0124	283	426,2	143,2	1,2717	1,7055
58	16,0463	0,0009	0,0121	284,6	426,5	141,9	1,2765	1,705
59	16,4335	0,0009	0,0118	286,3	426,8	140,5	1,2813	1,7044
60	16,8276	0,001	0,0115	287,9	427,1	139,2	1,2861	1,7039
61	17,2288	0,001	0,0111	289,5	427,4	137,8	1,2909	1,7033
62	17,6372	0,001	0,0108	291,2	427,6	136,4	1,2957	1,7028
63	18,0528	0,001	0,0105	292,9	427,9	1350	1,3006	1,7021
64	18,4747	0,001	0,0103	294,5	428,1	133,6	1,3054	1,7015
65	18,9054	0,001	0,01	296,2	428,3	132	1,3102	1,7009
66	19,3436	0,001	0,0097	297,9	428,5	130,6	1,3151	1,7002
67	19,7894	0,001	0,0094	299,6	428,7	129,1	1,32	1,6995
68	20,2428	0,001	0,0092	301,3	428,8	127,5	1,3249	1,6987
69	20,7042	0,001	0,0089	303	429	126	1,3298	1,6979
70	21,1734	0,001	0,0087	304,8	429,1	124,4	1,3347	1,6971
71	21,6508	0,001	0,0084	306,5	429,2	122,7	1,3397	1,6963
72	22,1363	0,001	0,0082	308,3	429,3	121,1	1,3446	1,6954
73	22,6301	0,001	0,0079	310,1	429,4	119,4	1,3496	1,6945
74	23,1323	0,001	0,0077	311,8	429,5	117,6	1,3547	1,6935
75	23,6431	0,001	0,0075	313,7	429,5	115,8	1,3597	1,6924
76	24,1625	0,001	0,0073	315,5	429,5	114	1,3648	1,6913
77	24,6908	0,0011	0,0071	317,3	429,5	112,2	1,3699	1,6902
78	25,2279	0,0011	0,0069	319,2	429,4	110,3	1,375	1,689
79	25,7742	0,0011	0,0067	321	429,3	108,3	1,3801	1,6877
80	26,3297	0,0011	0,0065	322,9	429,2	106,3	1,3854	1,6863
81	26,8946	0,0011	0,0063	324,9	429,1	104,2	1,3906	1,6849
82	27,469	0,0011	0,0061	326,8	428,9	102,1	1,3959	1,6834
83	28,0531	0,0011	0,0059	328,8	428,7	99,9	1,4012	1,6818
84	28,647	0,0011	0,0057	330,7	428,4	97,7	1,4066	1,68
85	29,2511	0,0011	0,0055	332,8	428,1	95,3	1,4121	1,6782
86	29,8654	0,0011	0,0053	334,8	427,7	92,9	1,4176	1,6762
87	30,4901	0,0012	0,0051	336,9	427,3	90,4	1,4232	1,6741
88	31,1255	0,0012	0,005	339	426,8	87,7	1,4289	1,6719
89	31,771	0,0012	0,0048	341,2	426,2	85	1,4347	1,6694
90	32,4287	0,0012	0,0046	343,4	425,5	82,1	1,4406	1,6668
91	33,0978	0,0012	0,0044	345,7	424,8	79,1	1,4466	1,6639
92	33,7785	0,0012	0,0043	348	423,9	75,9	1,4528	1,6607
93	34,4713	0,0012	0,0041	350,4	422,9	72,5	1,4592	1,6572
94	35,1765	0,0013	0,0039	353	421,8	68,9	1,4658	1,6533
95	35,8944	0,0013	0,0037	355,6	420,5	64,9	1,4727	1,6489
96	36,6257	0,0013	0,0035	358,4	418,9	60,5	1,4799	1,6439
97	37,3709	0,0014	0,0034	361,3	417	55,7	1,4877	1,6391
98	38,1308	0,0014	0,0032	364,6	414,6	50	1,4968	1,6311
99	38,9064	0,0015	0,0029	368,4	411,5	43,2	1,5061	1,6221

100	39,6994	0,0015	0,0027	373,2	407	33,8	1,5187	1,6092
101	40,5135	0,0018	0,0022	383	396	13	1,5447	1,5794

Bản quyền © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

BẢNG 8: BẢNG HƠI QUÁ NHIỆT R134a

t (°C)	v (m ³ /kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/(kg.°K))				
[p] = bar							
-66,85	0,1000			10	1,14811	413,9	1,9950
-66,85	1,06667	357,4	1,819	15	1,16822	418,0	2,0092
-65	1,68067	358,6	1,8252	20	1,18906	422,1	2,0234
-60	1,72414	362,0	1,8413	25	1,20919	426,3	2,0375
-55	1,76678	365,4	1,8572	30	1,23001	430,5	2,0514
-50	1,80832	368,9	1,8730	35	1,25156	434,7	2,0653
-45	1,84843	372,4	1,8886	40	1,27226	439,0	2,0791
-40	1,89036	376,0	1,9040	45	1,29199	443,3	2,0929
-35	1,93050	379,6	1,9193	50	1,31234	447,7	2,1065
-30	1,97239	383,3	1,9345	55	1,33333	452,1	2,1200
-25	2,01207	387,0	1,9496	60	1,35318	456,6	2,1335
-20	2,05339	390,7	1,9646	65	1,37363	461,1	2,1469
-15	2,09644	394,5	1,9794	70	1,39470	465,6	2,1603
-10	2,13675	398,3	1,9941	-49,66	0,3000		
-5	2,17865	402,2	2,0087	-49,66	0,59559	368,2	1,7813
0	2,21729	406,2	2,0233	-45	0,60901	371,5	1,7961
5	2,26244	410,1	2,0377	-40	0,62344	375,2	1,8118
10	2,30415	414,1	2,0520	-35	0,63735	378,8	1,8274
15	2,34192	418,2	2,0662	-30	0,65189	382,6	1,8428
20	2,38095	422,3	2,0803	-25	0,66578	386,3	1,8581
25	2,42718	426,5	2,0944	-20	0,67981	390,1	1,8732
30	2,46305	430,7	2,1083	-15	0,69396	393,9	1,8882
35	2,50527	434,9	2,1222	-10	0,70771	397,8	1,9031
40	2,54453	439,2	2,1360	-5	0,72202	401,7	1,9178
45	2,59067	443,5	2,1497	0	0,73584	405,7	1,9324
50	2,63458	447,9	2,1633	5	0,74963	409,7	1,9470
55	2,67380	452,3	2,1768	10	0,76336	413,7	1,9614
60	2,71003	456,7	2,1903	15	0,77760	417,8	1,9757
65	2,75482	461,2	2,2037	20	0,79114	421,9	1,9899
70	2,79330	461,8	2,2170	25	0,80515	426,1	2,0040
75	2,83286	470,3	2,2302	30	0,81900	430,3	2,0180
80	2,87356	474,9	2,2434	35	0,83264	434,6	2,0319
85	2,95450	479,6	2,2465	40	0,84502	438,9	2,0457
-56,39	0,2000			45	0,85985	442,2	2,0595
-56,39	0,87032	363,9	1,7945	50	0,87413	447,6	2,0731
-55	0,87642	364,9	1,7989	55	0,88731	452,0	2,0967
-50	0,89767	368,4	1,819	60	0,90171	458,5	2,1002
-45	0,91912	372,0	1,8306	65	0,91491	461,0	2,1136
-40	0,93985	375,6	1,8462	70	0,92851	465,5	2,1270
-35	0,96061	379,2	1,8617	75	0,94251	470,1	2,1432
-30	0,98232	382,9	1,8770	80	0,95602	474,7	2,1514
-25	1,00301	386,6	1,8921	85	0,96993	479,4	2,1665
-20	1,02354	390,4	1,9072	90	0,98328	484,1	2,1796
-15	1,04493	394,2	1,9221	95	0,99701	488,8	2,1926
-10	1,06496	398,1	1,9369	100	1,01112	493,6	2,2054
0	1,10619	405,9	1,9661	105	1,02459	498,4	2,2183
5	1,12740	409,9	1,9806	-44,57	0,4000		

-44,57	0,45496	371,4	1,7725	50	0,52274	447,3	2,0309
-40	0,46490	374,8	1,7871	55	0,53107	451,7	2,0445
-35	0,47574	378,5	1,8028	60	0,53937	456,2	2,0580
-30	0,48662	382,2	1,8183	65	0,54765	460,7	2,0715
-25	0,49727	386,0	1,8336	70	0,55586	465,3	2,0848
-20	0,50787	389,8	1,8489	75	0,56402	469,9	2,0981
-15	0,51867	393,6	1,8639	80	0,57241	474,5	2,1113
-10	0,52910	397,5	1,8789	85	0,58072	479,2	2,1245
-5	0,53967	401,5	1,8937	90	0,58893	483,9	2,1375
0	0,55036	405,4	1,9083	95	0,59737	488,6	2,1505
5	0,56085	409,4	1,9229	100	0,60533	493,4	2,1635
10	0,57110	413,5	1,9374	105	0,61387	498,3	2,1763
15	0,58173	417,6	1,9517	110	0,62189	503,1	2,1891
20	0,59207	421,7	1,9659		-36,91	0,6000	
25	0,60241	425,9	1,9801	-36,91	0,31114	376,2	1,7611
30	0,61312	430,1	1,9941	-35	0,31397	377,7	1,7672
35	0,62344	434,4	2,0081	-30	0,32134	381,6	1,7830
40	0,63371	438,7	2,0219	-25	0,32873	385,3	1,7986
45	0,64392	443,0	2,0357	-20	0,33591	389,2	1,8140
50	0,65445	447,4	2,0491	-15	0,34317	393,0	1,8292
55	0,66489	451,9	2,0630	-10	0,35039	397,0	1,8443
60	0,67522	456,3	2,0765	-5	0,35753	400,9	1,8592
65	0,68540	460,8	2,0899	0	0,36470	404,9	1,8740
70	0,69589	465,4	2,1033	5	0,37189	409,0	1,8887
75	0,70621	470,0	2,1166	10	0,37893	413,1	1,9032
80	0,71633	474,6	2,1297	15	0,38595	417,2	1,9176
85	0,72674	479,3	2,1429	20	0,39308	421,3	1,9319
90	0,73692	484,0	2,1559	25	0,40000	425,5	1,9461
95	0,74738	488,7	2,1689	30	0,40700	429,8	1,9602
100	0,75758	493,5	2,1818	35	0,41408	434,1	1,9742
105	0,76805	498,3	2,1947	40	0,42105	438,4	1,9881
110	0,77821	503,7	2,2074	45	0,42808	442,7	2,0020
	-40,43	0,5000		50	0,43497	447,1	2,0157
-40,43	0,36914	374,0	1,7661	55	0,44189	451,6	2,0293
-40	0,36982	374,3	1,7675	60	0,44883	456,1	2,0429
-35	0,37864	378,1	1,7833	65	0,45579	460,6	2,0563
-30	0,38745	381,8	1,7990	70	0,46275	465,1	2,0697
-25	0,39604	385,6	1,8144	75	0,46970	469,7	2,0830
-20	0,40469	389,5	1,8297	80	0,47642	474,4	2,0962
-15	0,41339	393,3	1,8449	85	0,48356	479,1	2,1094
-10	0,42194	397,3	1,8599	90	0,49020	483,8	2,1225
-5	0,43048	401,2	1,8748	95	0,49727	488,5	2,1355
0	0,43898	405,2	1,8895	100	0,50403	493,3	2,1484
5	0,44743	409,2	1,9041	105	0,51099	498,2	2,1613
10	0,45579	413,3	1,9186	110	0,51787	503,0	2,1741
15	0,46425	417,4	1,9330	115	0,52466	507,9	2,1868
20	0,47259	421,5	1,9473		-33,83	0,7000	
25	0,48100	425,7	1,9614	-33,83	0,26918	378,2	1,7571
30	0,48948	430,0	1,9755	-30	0,27412	381,1	1,7693
35	0,49776	434,2	1,9895	-25	0,28050	385,0	1,7850
40	0,50607	438,5	2,0034	-20	0,28678	388,8	1,8004
45	0,51440	442,9	2,0172	-15	0,29308	392,7	1,8158

-10	0,29931	396,7	1,8309	85	0,36179	478,8	2,0855
-5	0,30553	400,7	1,8459	90	0,36697	483,6	2,0986
0	0,31172	404,7	1,8608	95	0,37216	488,3	2,1116
5	0,31786	408,8	1,8755	100	0,37736	493,1	2,1246
10	0,32394	412,9	1,8901	105	0,38256	498,0	2,1375
15	0,33003	417,0	1,9045	110	0,38775	502,8	2,1503
20	0,33613	421,2	1,9189	115	0,39293	507,8	2,1630
25	0,34211	425,4	1,9331	120	0,39809	512,7	2,1757
30	0,34819	429,6	1,9473		-28,61	0,9000	
35	0,35423	433,9	1,9613	-28,61	0,21254	381,4	1,7509
40	0,36023	438,2	1,9752	-25	0,21622	384,3	1,7624
45	0,36630	442,6	1,9890	-20	0,22129	388,2	1,7780
50	0,37230	447,0	2,0028	-15	0,22624	392,1	1,7935
55	0,37821	451,4	2,0164	-10	0,23121	396,1	1,8088
60	0,38417	455,9	2,0300	-5	0,23613	400,2	1,8240
65	0,39017	460,5	2,0435	0	0,24102	404,2	1,8389
70	0,39620	465,0	2,0569	5	0,24589	408,3	1,8538
75	0,40209	469,6	2,0702	10	0,25059	412,4	1,8684
80	0,40800	474,3	2,0834	15	0,25519	416,6	1,8830
85	0,41391	478,9	2,0966	20	0,26028	420,8	1,8974
90	0,41982	483,7	2,1097	25	0,26504	425,0	1,9117
95	0,42589	488,4	2,1227	30	0,26976	429,3	1,9259
100	0,43178	493,2	2,1357	35	0,27450	433,6	1,9400
105	0,43764	498,1	2,1485	40	0,27925	437,9	1,9540
110	0,44346	502,9	2,1613	45	0,28393	442,3	1,9679
115	0,44944	507,8	2,1741	50	0,28860	446,7	1,9816
120	0,45537	512,8	2,1867	55	0,29334	451,2	1,9953
	-31,09	0,8000		60	0,29797	455,7	2,0089
-31,09	0,23747	379,9	1,7538	65	0,30266	460,2	2,0225
-30	0,23872	380,7	1,7572	70	0,30731	464,8	2,0359
-25	0,24438	384,6	1,7730	75	0,31201	469,4	2,0492
-20	0,24994	388,5	1,7886	80	0,31666	474,0	2,0625
-15	0,25549	392,4	1,8040	85	0,32123	478,7	2,0757
-10	0,26103	396,4	1,8192	90	0,32595	483,5	2,0888
-5	0,26645	400,4	1,8343	95	0,33058	488,2	2,1018
0	0,27196	404,5	1,8492	100	0,33523	493,0	2,1148
5	0,27732	408,5	1,8640	105	0,33979	497,9	2,1277
10	0,28273	412,6	1,8786	110	0,34447	502,8	2,1405
15	0,28810	416,8	1,8931	115	0,34904	507,7	2,1533
20	0,29343	421,0	1,9075	120	0,35351	512,6	2,1659
25	0,29878	425,2	1,9218	125	0,35817	517,6	2,1786
30	0,30404	429,4	1,9359		-26,34	1,0000	
35	0,30941	433,7	1,9500	-26,34	0,19246	382,8	1,7484
40	0,31466	438,1	1,9640	-25	0,19372	383,9	1,7527
45	0,32000	442,4	1,9778	-20	0,19829	387,9	1,7685
50	0,32520	446,9	1,9916	-15	0,20284	391,8	1,7840
55	0,33047	451,3	2,0053	-10	0,20734	395,8	1,7994
60	0,33568	455,8	2,0188	-5	0,21182	399,9	1,8146
65	0,34095	460,3	2,0323	0	0,21626	404,0	1,8297
70	0,34614	464,9	2,0457	5	0,22065	408,1	1,8445
75	0,35137	469,5	2,0591	10	0,22502	412,2	1,8593
80	0,35663	474,2	2,0723	15	0,22941	416,4	1,8739

20	0,23370	420,6	1,8883	115	0,30969	507,6	2,1434
25	0,23804	424,8	1,9027	120	0,31377	512,5	2,1561
30	0,24231	429,1	1,9169	125	0,31797	517,5	2,1687
35	0,24661	433,4	1,9310		-24,25	1,10	
40	0,25088	437,7	1,9450	-24,25	0,17593	384,1	1,7462
45	0,25517	442,1	1,9589	-20	0,17953	387,5	1,7597
50	0,25940	446,6	1,9727	-15	0,18369	391,5	1,7754
55	0,26364	451,0	1,9864	-10	0,18783	395,6	1,7908
60	0,26788	455,5	2,0001	-5	0,19194	399,6	1,8061
65	0,27203	460,1	2,0136	0	0,19600	403,7	1,8212
70	0,27624	464,7	2,0270	5	0,20004	407,8	1,8361
75	0,28043	469,3	2,0404	10	0,20404	412,0	1,8509
80	0,28466	473,9	2,0537	15	0,20803	416,2	1,8656
85	0,28885	478,6	2,0669	20	0,21200	420,4	1,8801
90	0,29300	483,4	2,0800	25	0,21598	424,6	1,8945
95	0,29718	488,1	2,0930	30	0,21988	428,9	1,9087
100	0,30139	492,9	2,1060	35	0,22376	433,2	1,9228
105	0,30553	497,8	2,1189	40	0,22769	437,6	1,9369
110	0,30969	502,7	2,1318	45	0,23154	442,0	1,9503
115	0,31387	507,6	2,1445	50	0,23546	446,4	1,9646
120	0,31797	512,5	2,1572	55	0,23929	450,9	1,9784
125	0,32216	517,5	2,1698	60	0,24313	455,4	1,9920
	-26,06	1,01325		65	0,24697	459,9	2,0055
-26,06	0,19011	383,0	1,7481	70	0,25088	464,5	2,0190
-25	0,19106	383,9	1,7515	75	0,25465	469,2	2,0324
-20	0,19562	387,81	1,7673	80	0,25853	473,8	2,0457
-15	0,20012	391,8	1,7829	85	0,26233	478,5	2,0589
-10	0,20454	395,8	1,7982	90	0,26610	483,2	2,0720
-5	0,20894	399,9	1,8135	95	0,26998	488,0	2,0851
0	0,21336	403,9	1,8285	100	0,27375	492,8	2,0981
5	0,21768	408,0	1,8434	105	0,27755	497,7	2,1110
10	0,22202	412,2	1,8581	110	0,28129	502,6	2,1238
15	0,22630	416,3	1,8727	115	0,28514	507,5	2,1366
20	0,23057	420,5	1,8872	120	0,28893	512,5	2,1493
25	0,23485	424,8	1,9015	125	0,29265	517,5	2,1619
30	0,23906	429,1	1,9158	130	0,29647	522,5	2,1745
35	0,24331	433,4	1,9299		-22,29	1,2000	
40	0,24759	437,7	1,9439	-22,29	0,16207	385,4	1,7443
45	0,25176	442,1	1,9578	-20	0,16385	387,2	1,7516
50	0,25595	446,5	1,9716	-15	0,16773	391,2	1,7674
55	0,26015	451,0	1,9853	-10	0,17156	395,3	1,7829
60	0,26427	455,5	1,9989	-5	0,17535	399,3	1,7983
65	0,26846	460,1	2,0175	0	0,17912	403,5	1,8134
70	0,27263	464,0	2,0259	5	0,18285	407,6	1,8284
75	0,27678	468,3	2,0392	10	0,18657	411,7	1,8432
80	0,28090	473,9	2,0526	15	0,19022	415,9	1,8579
85	0,28506	478,6	2,0658	20	0,19387	420,2	1,8725
90	0,28918	483,3	2,0789	25	0,19751	424,4	1,8869
95	0,29326	488,1	2,0919	30	0,20113	428,7	1,9012
100	0,29735	492,9	2,1049	35	0,20475	433,1	1,9153
105	0,30157	497,8	2,1178	40	0,20833	437,4	1,9294
110	0,30562	502,6	2,1306	45	0,21191	441,8	1,9434

50	0,21552	446,3	1,9572	-15	0,14263	390,6	1,7530
55	0,21906	450,7	1,9710	-10	0,14599	394,7	1,7687
60	0,22262	455,3	1,9846	-5	0,14930	398,8	1,7842
65	0,22614	459,8	1,9982	0	0,15258	402,9	1,7995
70	0,22967	464,4	2,0117	5	0,15584	407,1	1,8146
75	0,23321	469,0	2,0251	10	0,15906	411,3	1,8295
80	0,23669	473,7	2,0384	15	0,16224	415,5	1,8443
85	0,24021	478,4	2,0516	20	0,16543	419,8	1,8589
90	0,24372	483,1	2,0647	25	0,16858	424,1	1,8734
95	0,24722	487,9	2,0778	30	0,17173	428,4	1,8877
100	0,25069	492,7	2,0908	35	0,17486	432,7	1,9020
105	0,25419	497,6	2,1037	40	0,17794	437,1	1,9161
110	0,25767	502,5	2,1165	45	0,18106	441,5	1,9301
115	0,26116	507,4	2,1293	50	0,18413	446,0	1,9440
120	0,26462	512,4	2,1420	55	0,18720	450,5	1,9578
125	0,26810	517,4	2,1547	60	0,19026	455,0	1,9715
130	0,27152	522,4	2,1672	65	0,19331	459,6	1,9851
-20,17	1,30			70	0,19635	464,2	1,9986
-20,17	0,15026	386,5	1,7426	75	0,19936	468,8	2,0120
-20	0,15060	386,9	1,7441	80	0,20243	473,5	2,0253
-15	0,15423	390,9	1,7600	85	0,20547	478,2	2,0386
-10	0,15780	395,0	1,7756	90	0,20851	482,9	2,0517
-5	0,16134	399,1	1,7910	95	0,21146	487,7	2,0648
0	0,16483	403,2	1,8062	100	0,21450	492,5	2,0778
5	0,16829	407,3	1,8212	105	0,21753	497,4	2,0808
10	0,17173	411,5	1,8361	110	0,22051	502,3	2,1036
15	0,17516	415,7	1,8509	115	0,22351	507,2	2,1154
20	0,17857	420,0	1,8654	120	0,22650	512,2	2,1291
25	0,18195	424,2	1,8799	125	0,22946	517,2	2,1418
30	0,18529	428,5	1,8942	130	0,23245	522,2	2,1544
35	0,18864	432,9	1,9084	135	0,23546	527,3	2,1669
40	0,19198	437,3	1,9225	-17,12	1,5000		
45	0,19531	441,7	1,9365	-17,12	0,13123	388,5	1,7397
50	0,19861	446,1	1,9504	-15	0,13259	390,3	1,7464
55	0,20190	450,6	1,9641	-10	0,13576	394,4	1,7622
60	0,20521	455,1	1,9778	-5	0,13889	398,5	1,7778
65	0,20846	459,7	1,9914	0	0,14196	402,7	1,7931
70	0,21173	464,3	2,0049	5	0,14503	406,9	1,8083
75	0,21501	468,9	2,0183	10	0,14806	411,1	1,8233
80	0,21825	473,6	2,0316	15	0,15106	415,3	1,8381
85	0,22148	478,3	2,0448	20	0,15404	419,6	1,8528
90	0,22477	483,0	2,0580	25	0,15701	423,9	1,8673
95	0,22800	487,8	2,0711	30	0,15995	428,2	1,8817
100	0,23116	492,6	2,0841	35	0,16289	432,5	1,8959
105	0,23447	497,5	2,0970	40	0,16581	436,9	1,9101
110	0,23764	502,4	2,1098	45	0,16869	441,4	1,9241
115	0,24091	507,3	2,1226	50	0,17156	445,8	1,9380
120	0,24414	512,3	2,1353	55	0,17449	450,3	1,9518
125	0,24728	517,3	2,1480	60	0,17734	454,9	1,9656
130	0,25050	522,3	2,1606	65	0,18018	459,4	1,9792
-18,75	1,4000			70	0,18305	464,0	1,9927
-18,75	0,14010	387,5	1,7411	75	0,18587	468,7	2,0061

80	0,18875	473,4	2,0195	15	0,13263	414,9	1,8268
85	0,19157	478,1	2,0327	20	0,13528	419,2	1,8415
90	0,19440	482,8	2,0459	25	0,13793	423,5	1,8561
95	0,19720	487,6	2,0590	30	0,14055	427,8	1,8706
100	0,20000	492,4	2,0720	35	0,14316	432,2	1,8849
105	0,20284	497,3	2,0850	40	0,14577	436,6	1,8991
110	0,20563	502,2	2,0978	45	0,14835	441,1	1,9132
115	0,20846	507,1	2,1106	50	0,15092	445,5	1,9272
120	0,21124	512,1	2,1234	55	0,15347	450,0	1,9410
125	0,21404	517,1	2,1360	60	0,15603	454,6	1,9548
130	0,21683	522,2	2,1486	65	0,15858	459,2	1,9684
135	0,21964	527,2	2,1611	70	0,16108	463,8	1,9820
-15,58	1,600			75	0,16364	468,4	1,9954
-15,58	0,12344	389,5	1,7384	80	0,16617	473,1	2,0088
-15	0,12379	390,0	1,7402	85	0,16863	477,9	2,0221
-10	0,12679	394,1	1,7561	90	0,17117	482,6	2,0353
-5	0,12975	398,3	1,7717	95	0,17367	487,4	2,0484
0	0,13269	402,4	1,7872	100	0,17618	492,2	2,0614
5	0,13556	406,6	1,8024	105	0,17867	497,1	2,0744
10	0,13843	410,8	1,8174	110	0,18113	502,0	2,0873
15	0,14126	415,1	1,8323	115	0,18362	507,0	2,1001
20	0,14407	419,4	1,8470	120	0,18612	511,9	2,1128
25	0,14686	423,7	1,8616	125	0,18857	516,9	2,1255
30	0,14966	428,0	1,8760	130	0,19106	522,0	2,1381
35	0,15242	432,4	1,8903	135	0,19354	527,1	2,1506
40	0,15516	436,8	1,9044	140	0,19600	532,2	2,1631
45	0,15790	441,2	1,9185	-12,71	1,8000		
50	0,16059	445,7	1,9324	-12,71	0,11039	391,2	1,7361
55	0,16329	450,2	1,9463	-10	0,11186	393,5	1,7448
60	0,16600	454,7	1,9600	-5	0,11453	397,7	1,7666
65	0,16869	459,3	1,9736	0	0,11718	401,9	1,7761
70	0,17141	463,9	1,9872	5	0,11979	406,1	1,7915
75	0,17406	468,6	2,0006	10	0,12237	410,4	1,8066
80	0,17674	473,2	2,0140	15	0,12494	414,7	1,8216
85	0,17940	478,0	2,0272	20	0,12747	419,0	1,8364
90	0,18205	482,7	2,0404	25	0,12999	423,3	1,8510
95	0,18471	487,5	2,0535	30	0,13247	427,6	1,8655
100	0,18734	492,3	2,0666	35	0,13495	432,0	1,8798
105	0,19001	497,2	2,0795	40	0,13742	436,4	1,8941
110	0,19260	502,1	2,0924	45	0,13989	440,9	1,9082
115	0,19524	507,0	2,1052	50	0,14231	445,4	1,9222
120	0,19790	512,0	2,1179	55	0,14474	449,9	1,9360
125	0,20052	517,0	2,1306	60	0,14717	454,5	1,9498
130	0,20313	522,1	2,1432	65	0,14957	459,0	1,9635
135	0,20576	527,2	2,1557	70	0,15195	463,7	1,9770
-14,11	1,7000			75	0,15434	468,3	1,9905
-14,11	0,11655	390,4	1,7372	80	0,15674	473,0	2,0039
-10	0,11889	393,8	1,7503	85	0,15911	477,7	2,0172
-5	0,12170	398,0	1,7660	90	0,16150	482,5	2,0304
0	0,12447	402,2	1,7815	95	0,16385	487,3	2,0435
5	0,12721	406,4	1,7968	100	0,16622	492,1	2,0566
10	0,12994	410,6	1,8119	105	0,16858	497,0	2,0696

110	0,17094	501,9	2,0825	40	0,12324	436,1	1,8847
115	0,17328	506,9	2,0953	45	0,12547	440,6	1,8989
120	0,17562	511,8	2,1080	50	0,12767	445,1	1,9129
125	0,17797	516,9	2,1202	55	0,12989	449,6	1,9268
130	0,18031	521,9	2,1333	60	0,13207	454,2	1,9406
135	0,18265	527,0	2,1458	65	0,13425	458,8	1,9543
140	0,18498	532,1	2,1583	70	0,13643	463,4	1,9679
-11,37	1,9000			75	0,13860	468,1	1,9814
-11,37	0,10484	392,0	1,7351	80	0,14075	472,8	1,9948
-10	0,10556	393,2	1,7395	85	0,14290	477,5	2,0082
-5	0,10812	397,4	1,7554	90	0,14505	482,3	2,0214
0	0,11066	401,6	1,7710	95	0,14719	487,1	2,0345
5	0,11315	405,9	1,7864	100	0,14932	491,9	2,0476
10	0,11562	410,1	1,8016	105	0,15145	496,8	2,0606
15	0,11805	414,4	1,8166	110	0,15359	501,7	2,0735
20	0,12047	418,7	1,8314	115	0,15571	506,7	2,0864
25	0,12287	423,1	1,8461	120	0,15781	511,7	2,0991
30	0,12525	427,5	1,8606	125	0,15989	516,7	2,1118
35	0,12760	431,9	1,8750	130	0,16207	521,8	2,1214
40	0,12995	436,3	1,8893	135	0,16418	526,8	2,1370
45	0,13229	440,7	1,9034	140	0,16628	532,0	2,1495
50	0,13461	445,2	1,9174	-8,84	2,1000		
55	0,13693	449,8	1,9313	-8,84	0,09531	393,6	1,7333
60	0,13922	454,3	1,9451	-5	0,09713	396,8	1,7456
65	0,14152	458,9	1,9588	0	0,09945	401,1	1,7613
70	0,14380	463,5	1,9724	5	0,10175	405,4	1,7769
75	0,14607	468,2	1,9859	10	0,10401	409,7	1,7922
80	0,14832	472,9	1,9993	15	0,10626	414,0	1,8073
85	0,15060	477,6	2,0126	20	0,10847	418,3	1,8222
90	0,15284	482,4	2,0258	25	0,11067	422,7	1,8370
95	0,15509	487,2	2,0389	30	0,11284	427,1	1,8516
100	0,15733	492,0	2,0520	35	0,11501	431,5	1,8660
105	0,15957	496,9	2,0650	40	0,11715	435,9	1,8803
110	0,16181	501,8	2,0779	45	0,11927	440,4	1,8945
115	0,16404	506,8	2,0907	50	0,12139	444,9	1,9086
120	0,16625	511,8	2,1034	55	0,12350	449,5	1,9225
125	0,16849	516,8	2,1161	60	0,12560	454,0	1,9363
130	0,17071	521,8	2,1288	65	0,12768	458,6	1,9501
135	0,17292	526,9	2,1413	70	0,12975	463,3	1,9637
140	0,17516	532,0	2,1538	75	0,13184	468,0	1,9772
-10,08	2,0000			80	0,13390	472,7	1,9906
-10,08	0,09985	392,8	1,7342	85	0,13596	477,4	2,0040
-10	0,09989	392,9	1,7344	90	0,13799	482,2	2,0172
-5	0,10235	397,1	1,7504	95	0,14004	487,0	2,0304
0	0,10478	401,4	1,7661	100	0,14209	491,8	2,0434
5	0,10717	405,6	1,7815	105	0,14413	496,7	2,0564
10	0,10953	409,9	1,7968	110	0,14616	501,6	2,0694
15	0,11186	414,2	1,8118	115	0,14819	506,6	2,0822
20	0,11417	418,5	1,8267	120	0,15020	511,6	2,0950
25	0,11647	422,9	1,8414	125	0,15223	516,6	2,1077
30	0,11874	427,3	1,8560	130	0,15423	521,7	2,1203
35	0,12099	431,7	1,8704	135	0,15623	526,8	2,1329

140	0,15825	531,9	2,1454	70	0,11818	463,1	1,9557
145	0,16028	537,1	2,1578	75	0,12008	467,7	1,9693
-7,64	2,2000			80	0,12198	472,4	1,9827
-7,64	0,09117	394,3	1,7325	85	0,12387	477,2	1,9961
-5	0,09237	396,5	1,7410	90	0,12574	482,0	2,0094
0	0,09462	400,8	1,7568	95	0,12763	486,8	2,0225
5	0,09683	405,1	1,7724	100	0,12950	491,6	2,0356
10	0,09901	409,4	1,7878	105	0,13135	496,5	2,0487
15	0,10116	413,8	1,8029	110	0,13323	501,5	2,0616
20	0,10330	418,1	1,8179	115	0,13508	506,4	2,0745
25	0,10540	422,5	1,8327	120	0,13693	511,4	2,0872
30	0,10749	426,9	1,8473	125	0,13879	516,4	2,1001
35	0,10957	431,3	1,8618	130	0,14063	521,5	2,1126
40	0,11162	435,8	1,8762	135	0,14247	526,6	2,1252
45	0,11365	440,3	1,8884	140	0,14430	531,7	2,1377
50	0,11569	444,8	1,9044	145	0,14616	536,9	2,1501
55	0,11772	449,3	1,9184	-5,37	2,4000		
60	0,11970	453,9	1,9322	-5,37	0,08389	395,6	1,73111
65	0,12171	458,5	1,9460	-5	0,08405	396,0	1,7322
70	0,12370	463,2	1,9596	0	0,08615	400,3	1,7482
75	0,12569	467,8	1,9732	5	0,08821	404,6	1,7639
80	0,12765	472,6	1,9866	10	0,09024	409,0	1,7794
85	0,12962	477,3	1,9999	15	0,09224	413,3	1,7947
90	0,13158	482,1	2,0132	20	0,09422	417,7	1,8097
95	0,13355	486,9	2,0264	25	0,09618	422,1	1,8246
100	0,13550	491,7	2,0395	30	0,09812	426,5	1,8393
105	0,13746	496,6	2,0525	35	0,10004	431,0	1,8539
110	0,13939	501,6	2,0654	40	0,10194	435,4	1,8683
115	0,14132	506,5	2,0782	45	0,10383	439,9	1,8825
120	0,14327	511,5	2,0910	50	0,10571	444,5	1,8967
125	0,14520	516,5	2,1037	55	0,10757	449,0	1,9107
130	0,14712	521,6	2,1164	60	0,10942	453,6	1,9245
135	0,14905	526,7	2,1269	65	0,11127	458,3	1,9383
140	0,15099	531,8	2,1414	70	0,11311	462,9	1,9520
145	0,15288	537,0	2,1538	75	0,11494	467,6	1,9656
-6,19	2,3000			80	0,11675	472,3	1,9791)
-6,19	0,08737	395,0	1,7217	85	0,11857	477,1	1,9924
-5	0,08803	396,3	1,7365	90	0,12038	481,9	2,0057
0	0,09020	400,5	1,7521	95	0,12219	486,7	2,0189
5	0,09234	404,9	1,7681	100	0,12398	491,5	2,0320
10	0,09444	409,2	1,7885	105	0,12577	496,4	2,0450
15	0,09651	413,6	1,7987	110	0,12755	501,4	2,0579
20	0,09856	417,9	1,8137	115	0,12935	506,3	2,0708
25	0,10059	422,3	1,8286	120	0,13111	511,3	2,0836
30	0,10260	426,7	1,8433	125	0,13291	516,4	2,0963
35	0,10459	431,2	1,8678	130	0,13466	521,4	2,1090
40	0,10656	435,6	1,8721	135	0,13646	526,5	2,1216
45	0,10853	440,1	1,8864	140	0,13824	531,7	2,1341
50	0,11047	444,6	1,9005	145	0,13998	536,8	2,1465
55	0,11242	449,2	1,9145	-4,29	2,5000		
60	0,11435	453,8	1,9283	-4,29	0,08067	396,3	1,7303
65	0,11627	458,4	1,9421	0	0,08241	400,0	1,7441

5	0,08442	404,4	1,7599	100	0,11425	491,3	2,0251
10	0,08638	408,7	1,7714	105	0,11590	496,2	2,0381
15	0,08832	413,1	1,7908	110	0,11755	501,2	2,0511
20	0,09023	417,5	1,8059	115	0,11922	506,1	2,0640
25	0,09212	421,9	1,8208	120	0,12086	511,2	2,0769
30	0,09399	426,3	1,8355	125	0,12249	516,2	2,0895
35	0,09584	430,8	1,8501	130	0,12416	521,3	2,1022
40	0,09768	435,3	1,8645	135	0,12579	526,4	2,1147
45	0,09951	439,8	1,8788	140	0,12744	531,5	2,1273
50	0,10131	444,3	1,8930	145	0,12907	536,7	2,1397
55	0,10310	448,9	1,9070	150	0,13068	541,9	2,1521
60	0,10489	453,5	1,9209		-2,23	2,7000	
65	0,10668	458,1	1,9347	-2,23	0,07493	397,5	1,7291
70	0,10845	462,8	1,9484	0	0,07578	399,5	1,7363
75	0,11019	467,5	1,9620	5	0,07766	403,8	1,7522
80	0,11197	472,2	1,9755	10	0,07951	408,2	1,7679
85	0,11371	477,0	1,9888	15	0,08133	412,6	1,7833
90	0,11545	481,8	2,0021	20	0,08313	417,1	1,7985
95	0,11718	486,6	2,0153	25	0,08490	421,5	1,8135
100	0,11891	491,4	2,0285	30	0,08666	426,0	1,8283
105	0,12064	496,3	2,0415	35	0,08839	430,4	1,8430
110	0,12235	501,3	2,0544	40	0,09011	434,9	1,8575
115	0,12407	506,2	2,0673	45	0,09181	439,5	1,8718
120	0,12579	511,2	2,0801	50	0,09350	444,0	1,8860
125	0,12750	516,3	2,0928	55	0,09517	448,6	1,9001
130	0,12920	521,3	2,1055	60	0,09685	453,2	1,9140
135	0,13092	526,4	2,1181	65	0,09851	457,9	1,9279
140	0,13261	531,6	2,1306	70	0,10016	462,5	1,9416
145	0,13432	536,8	2,1430	75	0,10180	467,2	1,9552
150	0,13600	542,0	2,1554	80	0,10342	472,0	1,9687
	-3,24	2,6000		85	0,10505	476,7	1,9821
-3,24	0,07769	396,9	1,7297	90	0,10668	481,5	1,9954
0	0,07897	399,7	1,7401	95	0,10830	486,4	2,0087
5	0,08091	404,1	1,7560	100	0,10990	491,2	2,0218
10	0,08282	408,5	1,7716	105	0,11151	496,1	2,0348
15	0,08469	412,9	1,7870	110	0,11311	501,1	2,0478
20	0,08654	417,3	1,8021	115	0,11471	506,1	2,0607
25	0,08837	421,7	1,8171	120	0,11629	511,1	2,0735
30	0,09018	426,1	1,8319	125	0,11786	516,1	2,0863
35	0,09197	430,6	1,8465	130	0,11946	521,2	2,0989
40	0,09375	435,1	1,8610	135	0,12105	526,3	2,1115
45	0,09550	439,6	1,8753	140	0,12264	531,4	2,1241
50	0,09725	444,2	1,8894	145	0,12422	536,6	2,1365
55	0,09899	448,7	1,9035	150	0,12577	541,8	2,1489
60	0,10073	453,4	1,9174		-1,24	2,80	
65	0,10243	458,0	1,9312	-1,24	0,07235	398,1	1,7285
70	0,10414	462,7	1,9449	0	0,07281	399,2	1,7325
75	0,10583	467,4	1,9585	5	0,07464	403,6	1,7485
80	0,10753	472,1	1,9720	10	0,07645	408,0	1,7643
85	0,10921	476,8	1,9854	15	0,07822	412,4	1,7797
90	0,11089	481,6	1,9987	20	0,07996	416,9	1,7950
95	0,11256	486,5	2,0119	25	0,08168	421,3	1,8100

30	0,08338	425,8	1,8249	125	0,10960	515,9	2,0801
35	0,08506	430,3	1,8396	130	0,11107	521,0	2,0928
40	0,08672	434,8	1,8541	135	0,11256	526,1	2,1054
45	0,08837	439,3	1,8586	140	0,11404	531,3	2,1180
50	0,09001	443,9	1,8827	145	0,11550	536,5	2,1304
55	0,09163	448,5	1,8968	150	0,11697	541,7	2,1428
60	0,09325	453,1	1,9108		0,66	3,0000	
65	0,09485	457,7	1,9246	0,66	0,06770	399,2	1,7275
70	0,09645	462,4	1,9383	5	0,06921	403,1	1,7415
75	0,09804	467,1	1,9520	10	0,07092	407,5	1,7573
80	0,09962	471,8	1,9655	15	0,07260	412,0	1,7729
85	0,10118	476,6	1,9789	20	0,07424	416,4	1,7883
90	0,10275	481,4	1,9922	25	0,07587	420,9	1,8034
95	0,10432	486,3	2,0055	30	0,07748	425,4	1,8183
100	0,10588	491,1	2,0186	35	0,07906	429,9	1,8331
105	0,10743	496,1	2,0317	40	0,08063	434,4	1,8477
110	0,10897	501,0	2,0447	45	0,08219	439,0	1,8621
115	0,11052	506,0	2,0576	50	0,08372	443,6	1,8764
120	0,11206	511,0	2,0704	55	0,08525	448,2	1,8905
125	0,11358	516,0	2,0831	60	0,08678	452,8	1,9045
130	0,11511	521,1	2,0958	65	0,08829	457,5	1,9184
135	0,11665	526,2	2,1084	70	0,08978	462,1	1,9322
140	0,11818	531,4	2,1209	75	0,09128	466,9	1,9458
145	0,11969	536,5	2,1334	80	0,09276	471,6	1,9594
150	0,12121	541,7	2,1458	85	0,09424	476,4	1,9728
	-0,29	2,9000		90	0,09571	481,2	1,9862
-0,29	0,06995	398,6	1,7280	95	0,09718	486,1	1,9994
0	0,07005	398,9	1,7289	100	0,09863	490,9	2,0126
5	0,07183	403,3	1,7449	105	0,10009	495,9	2,0257
10	0,07359	407,8	1,7607	110	0,10153	500,8	2,0387
15	0,07531	412,2	1,7763	115	0,10299	505,8	2,0516
20	0,07701	416,6	1,7916	120	0,10444	510,8	2,0645
25	0,07867	421,1	1,8067	125	0,10585	515,9	2,0772
30	0,08033	425,6	1,8216	130	0,10730	520,9	2,0899
35	0,08196	430,1	1,8363	135	0,10873	526,1	2,1025
40	0,08358	434,6	1,8508	140	0,11017	531,2	2,1152
45	0,08517	439,1	1,8652	145	0,11158	536,4	2,1275
50	0,08676	443,7	1,8795	150	0,11301	541,6	2,1399
55	0,08835	448,3	1,8936	155	0,11442	546,9	2,1523
60	0,08990	452,9	1,9076		1,57	3,10	
65	0,09145	457,6	1,9215	1,57	0,06559	399,7	1,7270
70	0,09301	462,3	1,9352	5	0,06676	402,8	1,7381
75	0,09455	467,0	1,9489	10	0,06842	407,3	1,7540
80	0,09606	471,7	1,9624	15	0,07006	411,7	1,7696
85	0,09760	476,5	1,9758	20	0,07166	416,2	1,7850
90	0,09911	481,3	1,9892	25	0,07325	420,7	1,8002
95	0,10062	486,2	2,0024	30	0,07481	425,2	1,8152
100	0,10213	491,0	2,0156	35	0,07635	429,7	1,8300
105	0,10363	496,0	2,0286	40	0,07788	434,3	1,8446
110	0,10512	500,9	2,0416	45	0,07939	438,8	1,8590
115	0,10663	505,9	2,0546	50	0,08090	443,4	1,8734
120	0,10812	510,9	2,0674	55	0,08239	448,0	1,8875

60	0,08385	452,7	1,9015	155	0,10717	546,7	2,1468
65	0,08532	457,3	1,9154	3,33	3,3000		
70	0,08678	462,0	1,9292	3,33	0,06174	400,7	1,7260
75	0,08821	466,7	1,9429	5	0,06229	402,2	1,7315
80	0,08967	471,5	1,9565	10	0,06388	406,8	1,7475
85	0,09111	476,3	1,9699	15	0,06544	411,3	1,7633
90	0,09253	481,1	1,9833	20	0,06697	415,8	1,7788
95	0,09395	486,0	1,9966	25	0,06848	420,3	1,7941
100	0,09536	490,8	2,0097	30	0,06996	424,8	1,8091
105	0,09678	495,8	2,0228	35	0,07143	429,3	1,8240
110	0,09818	500,7	2,0359	40	0,07288	433,9	1,8387
115	0,09958	505,7	2,0488	45	0,07432	438,5	1,8532
120	0,10098	510,7	2,0616	50	0,07574	443,1	1,8675
125	0,10236	515,8	2,0744	55	0,07715	447,7	1,8818
130	0,10376	520,9	2,0871	60	0,07854	452,4	1,8958
135	0,10514	526,0	2,0997	65	0,07993	457,0	1,9098
140	0,10654	531,1	2,1122	70	0,08131	461,8	1,9236
145	0,10791	536,3	2,1247	75	0,08267	466,5	1,9373
150	0,10929	541,5	2,1371	80	0,08403	471,3	1,9509
155	0,11067	546,8	2,1495	85	0,08538	476,1	1,9644
2,46	3,2000			90	0,08675	480,9	1,9778
2,46	0,06351	400,2	1,7265	95	0,08807	485,7	1,9910
5	0,06445	402,5	1,7347	100	0,08941	490,6	2,0042
10	0,06608	407,0	1,7507	105	0,09074	495,6	2,0174
15	0,06769	411,5	1,7664	110	0,09208	500,5	2,0304
20	0,06924	416,0	1,7819	115	0,09339	505,5	2,0433
25	0,07079	420,5	1,7971	120	0,09471	510,5	2,0562
30	0,07231	425,0	1,8121	125	0,09603	515,6	2,0690
35	0,07382	429,5	1,8269	130	0,09735	520,7	2,0817
40	0,07530	434,1	1,8416	135	0,09864	525,8	2,0943
45	0,07678	438,7	1,8561	140	0,09995	531,0	2,1069
50	0,07824	443,2	1,8704	145	0,10126	536,2	2,1194
55	0,07967	447,9	1,8846	150	0,10255	541,4	2,1318
60	0,08112	452,5	1,8986	155	0,10384	546,6	2,1441
65	0,08254	457,2	1,9120	4,18	3,40		
70	0,08396	461,9	1,9264	4,18	0,05998	401,2	1,7256
75	0,08537	466,6	1,9401	5	0,06024	402,0	1,7283
80	0,08676	471,4	1,9536	10	0,06183	406,5	1,7444
85	0,08816	476,2	1,9671	15	0,06333	411,0	1,7602
90	0,08953	481,0	1,9805	20	0,06483	415,5	1,7758
95	0,09092	485,9	1,9938	25	0,06630	420,1	1,7911
100	0,09229	490,7	2,0070	30	0,06776	424,6	1,8062
105	0,09366	495,7	2,0201	35	0,06919	429,2	1,8211
110	0,09504	500,6	2,0331	40	0,07060	433,7	1,8358
115	0,09639	505,6	2,0460	45	0,07200	438,3	1,8504
120	0,09775	510,6	2,0589	50	0,07339	442,9	1,8648
125	0,09910	515,7	2,0716	55	0,07476	447,6	1,8790
130	0,10046	520,8	2,0843	60	0,07612	452,2	1,8931
135	0,10180	525,9	2,0970	65	0,07747	456,9	1,9070
140	0,10316	531,0	2,1095	70	0,07880	461,6	1,9209
145	0,10448	536,2	2,1220	75	0,08013	466,4	1,9346
150	0,10582	541,5	2,1344	80	0,08146	471,1	1,9482

85	0,08280	475,9	1,9617	20	0,06090	415,1	1,7700
90	0,08410	480,8	1,9751	25	0,06231	419,7	1,7854
95	0,08540	485,6	1,9884	30	0,06370	424,2	1,8006
100	0,08669	490,5	2,0016	35	0,06507	428,8	1,8156
105	0,08800	495,5	2,0147	40	0,06641	433,4	1,8303
110	0,08929	500,4	2,0278	45	0,06775	438,0	1,8449
115	0,09058	505,4	2,0407	50	0,06907	442,6	1,8594
120	0,09184	510,4	2,0536	55	0,07037	447,3	1,8736
125	0,09314	515,5	2,0664	60	0,07167	451,9	1,8878
130	0,09440	520,6	2,0791	65	0,07296	456,6	1,9018
135	0,09568	525,7	2,0917	70	0,07423	461,4	1,9156
140	0,09696	530,9	2,1043	75	0,07551	466,1	1,9294
145	0,09822	536,1	2,1168	80	0,07676	470,9	1,9430
150	0,09948	541,3	2,1297	85	0,07800	475,7	1,9566
155	0,10974	546,6	2,1416	90	0,07925	480,6	1,9700
5,01	3,50			95	0,08050	485,4	1,9833
5,01	0,05832	401,7	1,7252	100	0,08173	490,3	1,9966
10	0,05985	406,2	1,7414	105	0,08295	495,3	2,0087
15	0,06134	410,8	1,7572	110	0,08418	500,2	2,0228
20	0,06281	415,3	1,7729	115	0,08540	505,2	2,0357
25	0,06425	419,9	1,7882	120	0,08663	510,3	2,0486
30	0,06567	424,4	1,8034	125	0,08783	515,3	2,0614
35	0,06706	429,0	1,8183	130	0,08904	520,4	2,0741
40	0,06845	433,6	1,8330	135	0,09024	525,6	2,0868
45	0,06981	438,2	1,8476	140	0,09146	530,7	2,0994
50	0,07116	442,8	1,8620	145	0,09264	535,9	2,1119
55	0,07250	447,4	1,8763	150	0,09385	541,2	2,1243
60	0,07383	452,1	1,8904	155	0,09504	546,4	2,1367
65	0,07515	456,8	1,9044	160	0,09623	551,7	2,1490
70	0,07645	461,5	1,9182	6,62	3,7000		
75	0,07775	466,2	1,9320	6,62	0,05526	402,6	1,7244
80	0,07904	471,0	1,9456	10	0,05625	405,7	1,7354
85	0,08033	475,8	1,9591	15	0,05769	410,3	1,7514
90	0,08161	480,7	1,9725	20	0,05909	414,9	1,7672
95	0,08287	485,5	1,9858	25	0,06047	419,4	1,7820
100	0,08414	490,4	1,9991	30	0,06184	424,0	1,7979
105	0,08541	495,4	2,0122	35	0,06317	428,6	1,8129
110	0,08666	500,3	2,0252	40	0,06449	433,2	1,8277
115	0,08790	505,3	2,0382	45	0,06580	437,8	1,8423
120	0,08916	510,4	2,0511	50	0,06708	442,5	1,8568
125	0,09041	515,4	2,0639	55	0,06836	447,1	1,8711
130	0,09165	520,5	2,0766	60	0,06962	451,8	1,8852
135	0,09289	525,6	2,0892	65	0,07088	456,5	1,8992
140	0,09413	530,8	2,1018	70	0,07213	461,2	1,9131
145	0,09536	536,0	2,1143	75	0,07336	466,0	1,9269
150	0,09658	541,2	2,1267	80	0,07459	470,8	1,9406
155	0,09781	546,5	2,1391	85	0,07582	475,6	1,9541
160	0,09904	551,8	2,1514	90	0,07702	480,4	1,9675
5,82	3,6000			95	0,07824	485,3	1,9809
5,82	0,05675	402,2	1,7248	100	0,07945	490,2	1,9941
10	0,05800	406,0	1,7384	105	0,08065	495,2	2,0073
15	0,05946	410,5	1,7543	110	0,08184	500,1	2,0203

115	0,08304	505,1	2,0333	45	0,06219	437,5	1,8372
120	0,08420	510,2	2,0462	50	0,06342	442,1	1,8517
125	0,08540	515,3	2,0590	55	0,06465	446,8	1,8661
130	0,08657	520,4	2,0718	60	0,06586	451,5	1,8803
135	0,08776	525,5	2,0844	65	0,06706	456,2	1,8944
140	0,08891	530,7	2,0970	70	0,06825	461,0	1,9083
145	0,09009	535,9	2,1095	75	0,06942	465,7	1,9221
150	0,09126	541,1	2,1219	80	0,07061	470,5	1,9358
155	0,09241	546,4	2,1343	85	0,07177	475,4	1,9494
160	0,09358	551,7	2,1466	90	0,07293	480,2	1,9628
7,4	3,8000			95	0,07407	485,1	1,9762
7,4	0,05384	403,1	1,7240	100	0,07523	490,0	1,9894
10	0,05459	405,5	1,7325	105	0,07637	495,0	2,0026
15	0,05600	410,1	1,7486	110	0,07750	500,0	2,0157
20	0,05738	414,6	1,7644	115	0,07865	505,0	2,0287
25	0,05874	419,2	1,7799	120	0,07978	510,0	2,0416
30	0,06007	423,8	1,7952	125	0,08089	515,1	2,0544
35	0,06138	428,4	1,8102	130	0,08202	520,2	2,0672
40	0,06267	433,0	1,8251	135	0,08314	525,3	2,0798
45	0,06395	437,7	1,8397	140	0,08425	530,5	2,0924
50	0,06521	442,3	1,8542	145	0,08536	535,7	2,1049
55	0,06645	447,0	1,8686	150	0,08648	540,9	2,1174
60	0,06769	451,7	1,8827	155	0,08757	546,2	2,1298
65	0,06892	456,4	1,8968	160	0,08868	551,5	2,1421
70	0,07014	461,1	1,9107	8,91	4,0000		
75	0,07135	465,9	1,9245	8,91	0,05122	403,9	1,7234
80	0,07254	470,7	1,9381	10	0,05152	404,9	1,7269
85	0,07374	475,5	1,9517	15	0,05288	409,6	1,7432
90	0,07492	480,3	1,9652	20	0,05421	414,2	1,7590
95	0,07611	485,2	1,9785	25	0,05552	418,8	1,7747
100	0,07729	490	1,9918	30	0,05680	423,4	1,7900
105	0,07846	495	2,0049	35	0,05806	428,0	1,8051
110	0,07962	500	2,0180	40	0,05930	432,7	1,8201
115	0,08078	505	2,0310	45	0,06052	437,3	1,8348
120	0,08193	510	2,0439	50	0,06172	442,0	1,8493
125	0,08308	515,2	2,0567	55	0,06293	446,7	1,8637
130	0,08423	520,3	2,0694	60	0,06411	451,4	1,8779
135	0,08538	525,4	2,0821	65	0,06529	456,1	1,8920
140	0,08653	530,6	2,0947	70	0,06645	460,8	1,9059
145	0,08767	535,8	2,1072	75	0,06761	465,6	1,9198
150	0,08881	541,0	2,1196	80	0,06876	470,4	1,9335
155	0,08994	546,3	2,1320	85	0,06989	475,3	1,9471
160	0,09107	551,6	2,1443	90	0,07102	480,1	1,9605
8,16	3,9000			95	0,07215	485,0	1,9739
8,16	0,05250	403,5	1,7237	100	0,07328	489,9	1,9872
10	0,05302	405,2	1,7297	105	0,07440	494,9	2,0004
15	0,05440	409,8	1,7459	110	0,07551	499,9	2,0134
20	0,05576	414,4	1,7617	115	0,07601	504,9	2,0264
25	0,05708	419,0	1,7773	120	0,07772	509,9	2,0394
30	0,05839	423,6	1,7926	125	0,07881	515,0	2,0522
35	0,05968	428,2	1,8077	130	0,07991	520,1	2,0649
40	0,06094	432,8	1,8225	135	0,08101	525,2	2,0776

140	0,08210	530,4	2,0902	75	0,05971	465,0	1,9088
145	0,08318	535,6	2,1028	80	0,06075	469,8	1,9226
150	0,08426	540,9	2,1152	85	0,06178	474,7	1,9363
155	0,08535	546,1	2,1276	90	0,06279	479,6	1,9498
160	0,08642	551,4	2,1399	95	0,06381	484,5	1,9632
10,72 4,2500				100	0,06482	489,4	1,9766
10,72	0,04827	404,9	1,7226	105	0,06583	494,4	1,9898
15	0,04939	408,9	1,7366	110	0,06683	499,4	2,0029
20	0,05067	413,6	1,7526	115	0,06782	504,4	2,0160
25	0,05192	418,3	1,7683	120	0,06882	509,5	2,0289
30	0,05314	422,9	1,7838	125	0,06979	514,6	2,0418
35	0,05434	427,6	1,7990	130	0,07078	519,7	2,0546
40	0,05553	432,2	1,8140	135	0,07176	524,8	2,0678
45	0,05669	436,9	1,8288	140	0,07274	530,0	2,0799
50	0,05785	441,6	1,8434	145	0,07371	535,2	2,0825
55	0,05899	446,3	1,8579	150	0,07458	540,5	2,1050
60	0,06010	451,0	1,8722	155	0,07565	545,8	2,1174
65	0,06123	455,7	1,8863	160	0,07662	551,1	2,1297
70	0,06233	460,5	1,9003	165	0,07757	556,4	2,1420
75	0,06343	465,3	1,9142	14,11 4,7500			
80	0,06452	470,1	1,9279	14,11	0,04327	406,8	1,7211
85	0,06559	475,0	1,9415	15	0,04349	407,7	1,7241
90	0,06668	479,8	1,9550	20	0,04468	412,4	1,7404
95	0,06774	484,7	1,9684	25	0,04584	417,2	1,7565
100	0,06880	489,7	1,9817	30	0,04697	421,9	1,7722
105	0,06986	494,0	1,9949	35	0,04808	426,6	1,7876
110	0,07092	499,0	2,0081	40	0,04917	431,3	1,8028
115	0,07196	504,0	2,0211	45	0,05024	436,0	1,8177
120	0,07300	509,7	2,0340	50	0,05130	440,8	1,8325
125	0,07404	514,8	2,0469	55	0,05234	445,5	1,8471
130	0,07508	519,9	2,0596	60	0,05336	450,3	1,8615
135	0,07611	525,0	2,0723	65	0,05438	455,0	1,8757
140	0,07714	530,2	2,0849	70	0,05539	459,8	1,8898
145	0,07817	535,4	2,0975	75	0,05639	464,7	1,9038
150	0,07920	540,7	2,1099	80	0,05737	469,5	1,9176
155	0,08021	546,0	2,1223	85	0,05836	474,4	1,9313
160	0,08123	551,3	2,1347	90	0,05934	479,3	1,9448
165	0,08224	556,6	2,1469	95	0,06030	484,2	1,9583
12,45 4,500				100	0,06126	489,2	1,9717
12,45	0,04554	405,9	1,7218	105	0,06221	494,1	1,9849
15	0,04578	408,3	1,7302	110	0,06317	499,1	1,9984
20	0,04751	413,0	1,7404	115	0,06411	504,2	2,0111
25	0,04871	417,7	1,7623	120	0,06506	509,3	2,0241
30	0,04989	422,4	1,7779	125	0,06600	514,3	2,0370
35	0,05104	427,1	1,7932	130	0,06694	519,5	2,0498
40	0,05217	431,8	1,8083	135	0,06787	524,6	2,0625
45	0,05329	436,5	1,8232	140	0,06880	529,8	2,0752
50	0,05439	441,2	1,8379	145	0,06972	535,1	2,0877
55	0,05548	445,9	1,8524	150	0,07065	540,3	2,1002
60	0,05655	450,0	1,8607	155	0,07157	545,6	2,1127
65	0,05761	455,4	1,8809	160	0,07249	550,9	2,1250
70	0,05807	460,2	1,8949	165	0,07341	556,3	2,1373

15,71	5,0000		
15,71	0,04114	407,7	1,7205
20	0,04218	411,8	1,7347
25	0,04325	416,6	1,7508
30	0,04434	421,3	1,7667
35	0,04541	426,1	1,7822
40	0,04646	430,8	1,7975
45	0,04749	435,6	1,8125
50	0,04851	440,4	1,8274
55	0,04951	445,1	1,8420
60	0,05050	449,9	1,8565
65	0,05147	454,7	1,8708
70	0,05244	459,5	1,8849
75	0,05339	464,3	1,8989
80	0,05434	469,2	1,9128
85	0,05528	474,1	1,9265
90	0,05621	479,0	1,9401
95	0,05713	483,9	1,9536
100	0,05806	488,9	1,9670
105	0,05898	493,9	1,9803
110	0,05989	498,9	1,9934
115	0,06078	503,9	2,0065
120	0,06169	509,0	2,0195
125	0,06258	514,1	2,0324
130	0,06348	519,3	2,0452
135	0,06437	524,4	2,0580
140	0,06525	529,6	2,0707
145	0,06613	534,9	2,0832
150	0,06702	540,1	2,0957
155	0,06780	545,4	2,1082
160	0,06877	550,7	2,1205
165	0,06964	556,1	2,1328
170	0,07052	561,5	2,1450
17,21	5,25		
17,21	0,03920	408,5	1,7199
20	0,03982	411,2	1,7291
25	0,04090	416,0	1,7454
30	0,04196	420,8	1,7613
35	0,04300	425,6	1,7770
40	0,04401	430,4	1,7924
45	0,04501	435,2	1,8075
50	0,04599	439,9	1,8224
55	0,04695	444,7	1,8371
60	0,04790	449,5	1,8517
65	0,04884	454,3	1,8660
70	0,04976	459,2	1,8802
75	0,05068	464,0	1,8942
80	0,05159	468,9	1,9041
85	0,05250	473,8	1,9219
90	0,05338	478,7	1,9355
95	0,05428	483,7	1,9491
100	0,05516	488,6	1,9625

105	0,05603	493,6	1,9758
110	0,05691	498,7	1,9890
115	0,05777	503,7	2,0021
120	0,05864	508,8	2,0151
125	0,05950	513,9	2,0281
130	0,06035	519,1	2,0409
135	0,06120	524,2	2,0536
140	0,06205	529,4	2,0663
145	0,06289	534,7	2,0789
150	0,06373	539,9	2,0914
155	0,06457	545,2	2,1039
160	0,06541	550,6	2,1163
165	0,06624	555,9	2,1286
170	0,06707	561,3	2,1409
18,72	5,5000		
18,72	0,03743	409,3	1,7193
20	0,03771	410,6	1,7236
25	0,03877	415,4	1,7401
30	0,03980	420,3	1,7562
35	0,04080	425,1	1,7720
40	0,04178	429,9	1,7874
45	0,04274	434,7	1,80027
50	0,04369	439,5	1,8177
55	0,04462	444,3	1,8324
60	0,04554	449,2	1,8470
65	0,04644	454,0	1,8614
70	0,04733	458,8	1,8757
75	0,04822	463,7	1,8898
80	0,04909	468,6	1,9037
85	0,04996	473,5	1,9175
90	0,05082	478,4	1,9312
95	0,05167	483,4	1,9447
100	0,05252	488,4	1,9582
105	0,05336	493,4	1,9715
110	0,05419	498,4	1,9847
115	0,05503	503,5	1,9979
120	0,05585	508,6	2,0109
125	0,05668	513,7	2,0239
130	0,05749	518,8	2,0367
135	0,05832	524,0	2,0495
140	0,05913	529,2	2,0622
145	0,05994	534,5	2,0748
150	0,06074	539,8	2,0873
155	0,06155	545,1	2,0998
160	0,06235	550,4	2,1122
165	0,06315	555,8	2,1245
170	0,06395	561,2	2,1367
20,15	5,75		
20,15	0,03581	410,1	1,7188
25	0,03681	414,8	1,7349
30	0,03781	419,7	1,7512
35	0,03879	424,6	1,7671

40	0,03974	429,4	1,7827	135	0,05327	523,6	2,0417
45	0,04068	434,3	1,7980	140	0,05402	528,8	2,0544
50	0,04159	439,1	1,8131	145	0,05477	534,1	2,0670
55	0,04249	443,9	1,8279	150	0,05552	539,4	2,0796
60	0,04338	448,8	1,8426	155	0,05626	544,7	2,0921
65	0,04425	453,6	1,8570	160	0,05700	550,0	2,1045
70	0,04511	458,5	1,8713	165	0,05774	555,4	2,1168
75	0,04597	463,4	1,8854	170	0,05848	560,8	2,1291
80	0,04681	468,3	1,8994	175	0,05921	565,3	2,1413
85	0,04765	473,2	1,9133		22,88	6,25	
90	0,04847	478,1	1,9270	22,88	0,03295	411,5	1,7179
95	0,04930	483,1	1,9406	25	0,03336	413,6	1,7250
100	0,05011	488,1	1,9540	30	0,03432	418,6	1,7415
105	0,05092	493,1	1,9674	35	0,03525	423,5	1,7577
110	0,05172	498,2	1,9806	40	0,03615	428,4	1,7735
115	0,05253	503,2	1,9938	45	0,03703	433,3	1,7890
120	0,05332	508,3	2,0069	50	0,03790	438,2	1,8042
125	0,05412	513,5	2,019^	55	0,03874	443,1	1,8192
130	0,05490	518,6	2,0327	60	0,03957	448,0	1,8340
135	0,05568	523,8	2,0455	65	0,04040	452,9	1,8486
140	0,05647	529,0	2,0582	70	0,04121	457,8	1,8630
145	0,05724	534,3	2,0708	75	0,04200	462,7	1,8772
150	0,05801	539,6	2,0834	80	0,04279	467,7	1,8913
155	0,05879	544,9	2,0958	85	0,04357	472,6	1,9052
160	0,05956	550,2	2,1082	90	0,04434	477,6	1,9190
165	0,06032	555,6	2,1206	95	0,04511	482,6	1,9327
170	0,06109	561,0	2,1328	100	0,04587	487,6	1,9462
175	0,06185	566,4	2,1450	105	0,04663	492,6	1,9596
	21,54	6		110	0,04738	497,7	1,9729
21,54	0,03432	410,8	1,7183	115	0,04812	502,8	1,9861
25	0,03502	414,2	1,7299	120	0,04886	507,9	1,9992
30	0,03600	419,2	1,7463	125	0,04959	513,0	2,0122
35	0,03695	424,1	1,7623	130	0,05033	518,2	2,0251
40	0,03787	428,9	1,7780	135	0,05105	523,4	2,0380
45	0,03878	433,8	1,7934	140	0,05177	528,6	2,0507
50	0,03907	438,7	1,8086	145	0,05250	533,9	2,0633
55	0,04054	443,5	1,8235	150	0,05321	539,2	2,0759
60	0,04140	448,4	1,8382	155	0,05393	544,5	2,0884
65	0,04224	453,3	1,8527	160	0,05465	549,9	2,1008
70	0,04308	458,1	1,8671	165	0,05536	555,2	2,1132
75	0,04390	463,0	1,8813	170	0,05607	560,7	2,1255
80	0,04472	468,0	1,8953	175	0,05678	566,1	2,1377
85	0,04552	472,9	1,9092		24,18	6,50	
90	0,04633	477,9	1,9229	24,18	0,03167	412,2	1,7174
95	0,04712	482,8	1,9365	25	0,03183	413,0	1,7202
100	0,04790	487,8	1,9500	30	0,03277	418,0	1,7369
105	0,04868	492,9	1,9634	35	0,03367	423,0	1,7532
110	0,04945	497,9	1,9707	40	0,03456	428,0	1,7691
115	0,05023	503,0	1,9899	45	0,03542	432,9	1,7847
120	0,05100	508,1	2,0030	50	0,03626	437,8	1,8000
125	0,05175	513,3	2,0159	55	0,03708	442,7	1,8151
130	0,05252	518,4	2,0288	60	0,03789	447,6	1,8300

65	0,03869	452,5	1,8446	160	0,05046	549,5	2,0940
70	0,03948	457,5	1,8591	165	0,05112	554,9	2,1063
75	0,04025	462,4	1,8733	170	0,05178	560,3	2,11^
80	0,04102	467,3	1,8874	175	0,05244	565,8	2,1309
85	0,04177	472,3	1,9014	180	0,05310	571,2	2,1430
90	0,04252	477,3	1,9152	26,68	7		
95	0,04326	482,3	1,9289	26,68	0,02939	413,5	1,7166
100	0,04399	487,3	1,9425	30	0,02999	416,8	1,7278
105	0,04472	492,4	1,9559	35	0,03086	421,9	1,7444
110	0,04545	497,4	1,9693	40	0,03171	426,9	1,7606
115	0,04617	502,5	1,9825	45	0,03253	431,9	1,7764
120	0,04688	507,7	1,9956	50	0,03333	436,9	1,7919
125	0,04760	512,8	2,0086	55	0,03412	441,9	1,8071
130	0,04830	518,0	2,0215	60	0,03488	446,8	1,8221
135	0,04900	523,2	2,0344	65	0,03564	451,8	1,8369
140	0,04970	528,4	2,0471	70	0,03638	456,7	1,8515
145	0,05040	533,7	2,0598	75	0,03711	461,7	1,8658
150	0,05109	539,0	2,0724	80	0,03784	466,7	1,8801
155	0,05178	544,3	2,0849	85	0,03855	471,7	1,8941
160	0,05247	549,7	2,0973	90	0,03925	476,7	1,9080
165	0,05316	555,1	2,1097	95	0,03995	481,7	1,9217
170	0,05384	560,5	2,1220	100	0,04064	486,8	1,9354
175	0,05453	565,9	2,1342	105	0,04133	491,9	1,9489
180	0,05520	571,4	2,1464	110	0,04201	496,9	1,9622
25,45	6,75			115	0,04269	502,1	1,9755
25,45	0,03049	412,8	1,7170	120	0,04336	507,2	1,9887
30	0,03133	417,4	1,7323	125	0,04402	512,4	2,0018
35	0,03222	422,5	1,7487	130	0,04468	517,6	2,0147
40	0,03308	427,4	1,7648	135	0,04535	522,8	2,0276
45	0,03392	432,4	1,7805	140	0,04600	528,0	2,0404
50	0,03474	437,4	1,7959	145	0,04665	533,3	2,0531
55	0,03555	442,3	1,8111	150	0,04730	538,6	2,0657
60	0,03633	447,2	1,8260	155	0,04795	544,0	2,0782
65	0,03711	452,2	1,8407	160	0,04859	549,3	2,0907
70	0,03787	457,1	1,8552	165	0,04923	554,7	2,1031
75	0,03862	462,1	1,8695	170	0,04987	560,2	2,1154
80	0,03937	467,0	1,8837	175	0,05051	565,6	2,1276
85	0,04010	472,0	1,8977	180	0,05114	571,1	2,1398
90	0,04083	477,0	1,9116	27,88	7,25		
95	0,04155	482,0	1,9253	27,88	0,02836	414,1	1,7162
100	0,04226	487,0	1,9389	30	0,02874	416,2	1,7234
105	0,04296	492,1	1,9523	35	0,02960	421,4	1,7401
110	0,04367	497,2	1,9657	40	0,03043	426,4	1,7564
115	0,04437	502,3	1,9780	45	0,03123	431,5	1,7724
120	0,04505	507,4	1,9921	50	0,03202	436,5	1,7880
125	0,04574	512,6	2,0051	55	0,03278	441,4	1,8033
130	0,04642	517,8	2,0181	60	0,03353	446,4	1,8184
135	0,04711	523,0	2,0309	65	0,03427	451,4	1,8332
140	0,04778	528,2	2,0437	70	0,03500	456,4	1,8478
145	0,04845	533,5	2,0564	75	0,03571	461,4	1,8623
150	0,04913	538,8	2,0690	80	0,03641	466,4	1,8765
155	0,04979	544,2	2,0815	85	0,03711	471,4	1,8906

90	0,03779	476,4	1,9045	31,29	8,0000		
95	0,03847	481,5	1,9183	31,29	0,02565	415,7	1,7150
100	0,03914	486,5	1,9320	35	0,02626	419,6	1,7278
105	0,03981	491,6	1,9455	40	0,02705	424,8	1,7445
110	0,04047	496,7	1,9589	45	0,02782	430,0	1,7608
115	0,04112	501,8	1,9722	50	0,02856	435,1	1,7767
120	0,04172	507,0	1,9854	55	0,02928	440,2	1,7923
125	0,04243	512,2	1,9985	60	0,02998	445,2	1,8076
130	0,04307	517,4	2,0115	65	0,03067	450,3	1,8226
135	0,04371	522,6	2,0244	70	0,03135	455,3	1,8374
140	0,04434	527,8	2,0372	75	0,03202	460,4	1,8520
145	0,04497	533,1	2,0499	80	0,03267	465,4	1,8664
150	0,04560	538,4	2,0625	85	0,03331	470,5	1,8806
155	0,04622	543,8	2,0751	90	0,03395	475,5	1,8947
160	0,04685	549,2	2,0875	95	0,03457	480,6	1,9086
165	0,04747	554,6	2,0999	100	0,03520	485,7	1,9223
170	0,04809	560,0	2,1122	105	0,03581	490,8	1,9360
175	0,04871	565,4	2,1245	110	0,03642	495,9	1,9494
180	0,04932	570,9	2,1367	115	0,03703	501,1	1,9628
29,04	7,50			120	0,03763	506,3	1,9761
29,04	0,02740	414,6	1,7158	125	0,03822	511,5	1,9892
30	0,02757	415,6	1,7191	130	0,03881	516,7	2,0023
35	0,02841	420,8	1,7360	135	0,03940	522,0	2,0152
40	0,02923	425,9	1,7524	140	0,03998	527,2	2,0281
45	0,03002	431,0	1,7684	145	0,04050	532,5	2,0408
50	0,03079	436,0	1,7842	150	0,04114	537,9	2,0535
55	0,03154	441,0	1,7996	155	0,04171	543,2	2,0661
60	0,03227	446,0	1,8147	160	0,04229	548,6	2,0786
65	0,03299	451,0	1,8296	165	0,04285	554,0	2,0910
70	0,03370	456,0	1,8443	170	0,04342	559,5	2,1034
75	0,03439	461,0	1,8588	175	0,04398	565,0	2,1157
80	0,03508	466,1	1,8731	180	0,04455	570,5	2,1279
85	0,03576	471,1	1,8872	185	0,04511	576,0	2,1400
90	0,03643	476,1	1,9012	33,44	8,50		
95	0,03708	481,2	1,9150	33,44	0,02410	416,8	1,7143
100	0,03774	486,2	1,9287	35	0,02435	418,4	1,7198
105	0,03839	491,3	1,9422	40	0,02512	423,7	1,7368
110	0,03903	496,4	1,9557	45	0,02586	429,0	1,7534
115	0,03966	501,6	1,9690	50	0,02658	434,1	1,7695
120	0,04030	506,7	1,9822	55	0,02728	439,3	1,7853
125	0,04093	511,9	1,9953	60	0,02796	444,4	1,8008
130	0,04155	517,1	2,0083	65	0,02862	449,5	1,8159
135	0,04217	522,4	2,0212	70	0,02927	454,6	1,8309
140	0,04279	527,6	2,0341	75	0,02991	459,7	1,8456
145	0,04340	532,9	2,0468	80	0,03053	464,7	1,8601
150	0,04401	538,3	2,0594	85	0,03115	469,8	1,8744
155	0,04462	543,6	2,0720	90	0,03176	474,9	1,8885
160	0,04523	549,0	2,0845	95	0,03236	480,0	1,9025
165	0,04583	554,4	2,0969	100	0,03295	485,1	1,9163
170	0,04643	558,8	2,1092	105	0,03353	490,3	1,9300
175	0,04703	565,3	2,1215	110	0,03412	495,4	1,9435
180	0,04762	570,8	2,1336	115	0,03469	500,6	1,9569

120	0,03526	505,8	1,9703	55	0,02390	437,4	1,7720
125	0,03582	511,0	1,9834	60	0,02454	442,7	1,7878
130	0,03639	516,3	1,9965	65	0,02516	447,9	1,8033
135	0,03695	521,5	2,0095	70	0,02577	453,1	1,8185
140	0,03750	526,8	2,0224	75	0,02636	458,2	1,8334
145	0,03805	532,2	2,0352	80	0,02694	463,4	1,8481
150	0,03860	537,5	2,0479	85	0,02751	468,5	1,8620
155	0,03914	542,9	2,0605	90	0,02807	473,7	1,8769
160	0,03969	548,3	2,0731	95	0,02852	478,9	1,8911
165	0,04023	553,7	2,0855	100	0,02917	484,0	1,9050
170	0,04076	559,1	2,0979	105	0,02971	489,2	1,9188
175	0,04130	564,6	2,1102	110	0,03023	494,4	1,9325
180	0,04183	570,1	2,1224	115	0,03076	499,0	1,9400
185	0,04236	575,7	2,1346	120	0,03128	504,9	1,9594
35,49	9			125	0,03180	510,1	1,9727
35,49	0,02271	417,7	1,7137	130	0,03231	515,4	1,9858
40	0,02340	422,6	1,7293	135	0,03282	520,7	1,9989
45	0,02412	427,9	1,7462	140	0,03333	526,0	2,0119
50	0,02482	433,2	1,7625	145	0,03383	531,4	2,0247
55	0,02550	438,4	1,7785	150	0,03432	536,7	2,0375
60	0,02616	443,5	1,7942	155	0,03482	542,1	2,0502
65	0,02680	448,7	1,8095	160	0,03531	547,5	2,0628
70	0,02743	453,8	1,8246	165	0,03580	553,0	2,0753
75	0,02803	458,9	1,8394	170	0,03629	558,5	2,0877
80	0,02864	464,1	1,8540	175	0,03677	564,0	2,1000
85	0,02923	469,2	1,8684	180	0,03725	569,5	2,1123
90	0,02981	474,3	1,8826	185	0,03774	575,0	2,1245
95	0,03039	479,4	1,8967	190	0,03821	580,6	2,1366
100	0,03096	484,6	1,9106	39,35	10,00		
105	0,03151	489,8	1,9243	39,35	0,02034	419,5	1,7124
110	0,03207	494,9	1,9379	40	0,02044	420,2	1,7147
115	0,03262	500,1	1,9514	45	0,02114	425,7	1,7322
120	0,03316	505,3	1,9647	50	0,02181	431,2	1,7491
125	0,03370	510,6	1,9779	55	0,02246	436,8	1,7655
130	0,03423	515,8	1,9911	60	0,02308	441,6	1,7816
135	0,03477	521,1	2,0041	65	0,02368	447,1	1,7972
140	0,03530	526,4	2,0170	70	0,02427	452,3	1,8126
145	0,03582	531,8	2,0298	75	0,02485	457,5	1,8277
150	0,03634	537,1	2,0426	80	0,02541	462,7	1,8425
155	0,03686	542,5	2,0552	85	0,02596	467,9	1,8571
160	0,03737	547,9	2,0678	90	0,02650	473,1	1,8715
165	0,03789	553,3	2,0803	95	0,02703	478,3	1,8857
170	0,03840	558,8	2,0927	100	0,02756	483,5	1,8987
175	0,03890	564,3	2,1050	105	0,02807	488,7	1,9136
180	0,03941	569,8	2,1172	110	0,02859	493,9	1,9273
185	0,03992	575,4	2,1294	115	0,02909	499,1	1,9409
190	0,04042	580,9	2,1415	120	0,02959	504,4	1,9543
37,45	9,50			125	0,03008	509,7	1,9676
37,45	0,02147	418,6	1,7130	130	0,03058	515,0	1,9809
40	0,02184	421,4	1,7220	135	0,03106	520,3	1,9940
45	0,02256	426,8	1,7391	140	0,03155	525,6	2,0070
50	0,02324	432,2	1,7558	145	0,03203	530,9	2,0193

150	0,03250	536,3	2,0326	90	0,02151	470,5	1,8513
155	0,03298	541,0	2,0453	95	0,02199	475,8	1,8659
160	0,03345	547,2	2,0579	100	0,02245	481,2	1,8802
165	0,03392	552,6	2,0705	105	0,02290	486,5	1,8944
170	0,03438	558,1	2,0829	110	0,02335	491,8	1,9083
175	0,03485	563,6	2,0953	115	0,02379	497,1	1,9221
180	0,03531	569,2	2,1076	120	0,02423	502,5	1,9358
185	0,03577	574,7	2,1798	125	0,02466	507,8	1,9493
190	0,03623	580,3	2,1819	130	0,02508	513,2	1,9627
42,93	11,00			135	0,02550	518,5	1,9760
42,93	0,01839	421,0	1,7112	140	0,02592	523,9	1,9891
45	0,01867	423,4	1,7186	145	0,02633	529,4	2,0021
50	0,01932	429,0	1,7362	150	0,02675	534,8	2,0150
55	0,01995	434,5	1,7531	155	0,02715	540,2	2,0279
60	0,02054	440,0	1,7696	160	0,02756	545,7	2,0406
65	0,02112	445,4	1,7856	165	0,02796	551,2	2,0532
70	0,02168	450,7	1,8013	170	0,02836	556,8	2,0657
75	0,02223	456,0	1,8166	175	0,02875	562,3	2,0782
80	0,02275	461,3	1,8317	180	0,02915	567,2	2,0906
85	0,02327	466,6	1,8465	185	0,02954	573,5	2,1029
90	0,02378	471,8	1,8611	190	0,02993	579,1	2,1151
95	0,02428	477,1	1,8755	195	0,03032	584,7	2,1272
100	0,02477	482,3	1,8897	200	0,03070	590,4	2,1393
105	0,02525	487,6	1,9037	49,42	13,00		
110	0,02573	492,9	1,9175	49,42	0,01534	423,6	1,7088
115	0,02620	498,1	1,9312	50	0,01542	424,3	1,7110
120	0,02666	503,4	1,9447	55	0,01602	430,3	1,7292
125	0,02713	508,7	1,9582	60	0,01660	436,1	1,7468
130	0,02758	514,1	1,9715	65	0,01714	441,8	1,7637
135	0,02803	519,4	1,9846	70	0,01767	447,3	1,7801
140	0,02848	524,8	1,9977	75	0,01817	452,9	1,7961
145	0,02892	530,2	2,0106	80	0,01865	458,4	1,8117
150	0,02936	535,6	2,0235	85	0,01912	463,8	1,8270
155	0,02980	541,0	2,0363	90	0,01959	469,2	1,8420
160	0,03023	546,5	2,0489	95	0,02003	474,6	1,8568
165	0,03067	551,9	2,0615	100	0,02047	480,0	1,8713
170	0,03110	557,4	2,0740	105	0,02091	485,3	1,8836
175	0,03152	563,0	2,0864	110	0,02133	490,7	1,8997
180	0,03194	568,5	2,0987	115	0,02175	496,1	1,9136
185	0,03237	574,1	2,1110	120	0,02216	501,5	1,9274
190	0,03279	579,7	2,1231	125	0,02257	506,9	1,9410
195	0,03321	585,3	2,1353	130	0,02297	512,3	1,9545
46,26	12,00			135	0,02336	517,7	1,9678
46,28	0,01674	422,4	1,7100	140	0,02375	523,1	1,9810
50	0,01722	426,8	1,7235	145	0,02414	528,5	1,9941
55	0,01783	432,5	1,7411	150	0,02453	534,0	2,0071
60	0,01842	438,1	1,7580	155	0,02491	539,5	2,0200
65	0,01897	443,6	1,7745	160	0,02529	545,0	2,0328
70	0,01951	449,1	1,7905	165	0,02566	550,5	2,0455
75	0,02003	454,5	1,8062	170	0,02604	556,1	2,0581
80	0,02054	459,8	1,8215	175	0,02641	561,6	2,0706
85	0,02103	465,2	1,8365	180	0,02677	567,2	2,0830

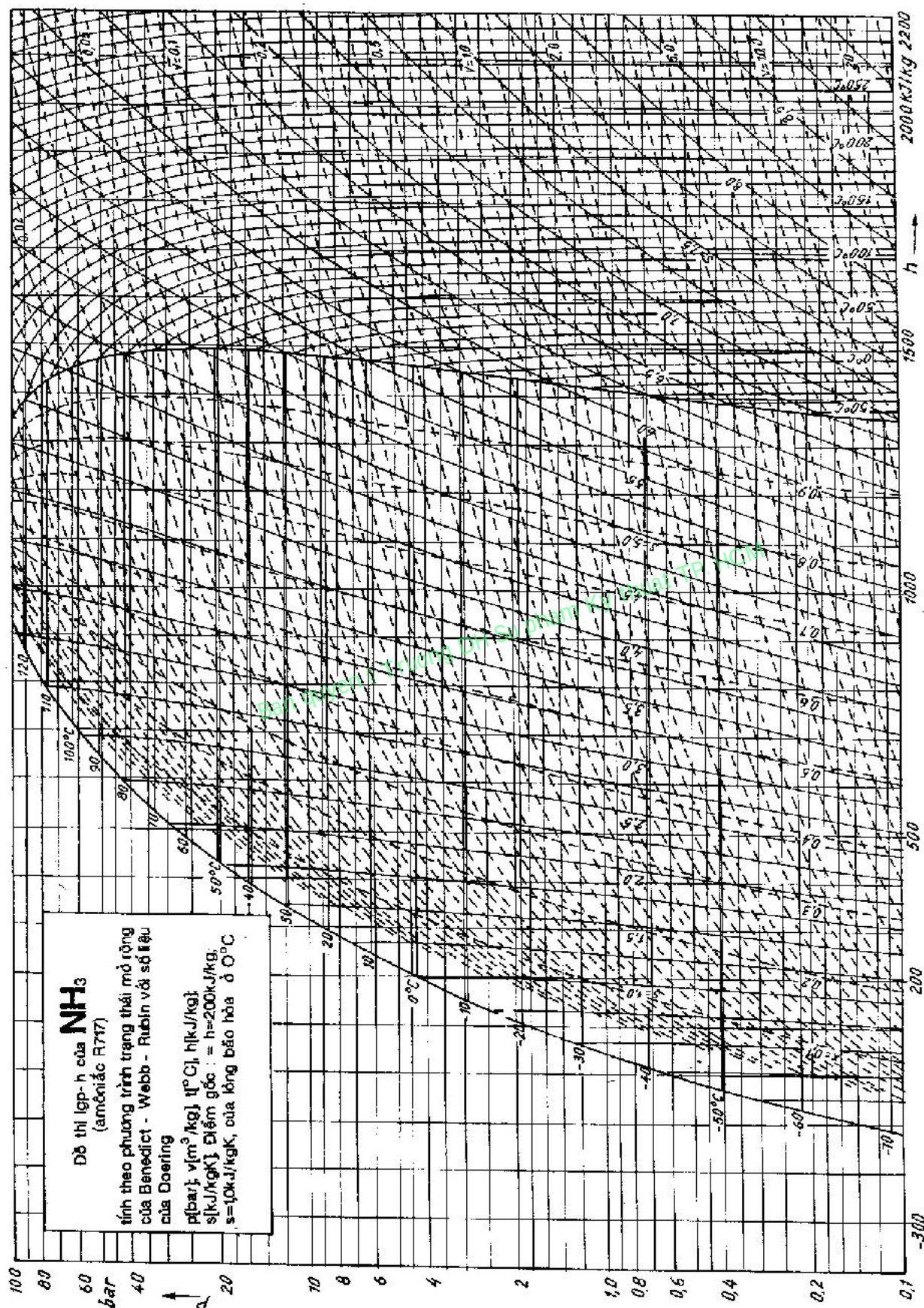
185	0,02714	572,8	2,0953	125	0,01921	504,9	1,9257
190	0,02751	578,5	2,1075	130	0,01958	510,4	1,9394
195	0,02787	584,1	2,1197	135	0,01993	515,9	1,9529
200	0,02823	589,8	2,1318	140	0,02028	521,4	1,9663
52,39	14,0000			145	0,02063	526,9	1,9795
52,39	0,01413	424,7	1,7076	150	0,02098	532,4	1,9926
55	0,01445	427,9	1,7174	155	0,02132	537,9	2,0056
60	0,01502	434,0	1,7357	160	0,02166	543,5	2,0185
65	0,01556	439,8	1,7531	165	0,02199	549,1	2,0313
70	0,01607	445,6	1,7700	170	0,02233	554,7	2,0440
75	0,01656	451,2	1,7864	175	0,02265	560,3	2,0566
80	0,01703	456,8	1,8023	180	0,02298	565,9	2,0691
85	0,01749	462,3	1,8179	185	0,02331	571,6	2,0815
90	0,01793	467,8	1,8331	190	0,02363	577,2	2,0939
95	0,01836	473,3	1,8481	195	0,02395	582,9	2,1061
100	0,01878	478,8	1,8628	200	0,02427	588,7	2,1183
105	0,01919	484,2	1,8772	205	0,02459	594,4	2,1303
110	0,01960	489,6	1,8915	210	0,02491	600,2	2,1424
115	0,01999	495,0	1,9055	57,88	16,00		
120	0,02038	500,5	1,9194	57,88	0,01215	426,5	1,7050
125	0,02077	505,9	1,9332	60	0,01239	429,3	1,7134
130	0,02115	511,3	1,9467	65	0,01294	435,6	1,7323
135	0,02153	516,8	1,9602	70	0,01344	441,7	1,7503
140	0,02189	522,2	1,9734	75	0,01392	447,7	1,7675
145	0,02226	527,7	1,9866	80	0,01437	453,0	1,7842
150	0,02263	533,2	1,9997	85	0,01480	459,3	1,8004
155	0,02299	538,7	2,0126	90	0,01522	465,0	1,8162
160	0,02334	544,2	2,0255	95	0,01562	470,6	1,8316
165	0,02370	549,8	2,0382	100	0,01602	476,2	1,8467
170	0,02405	555,4	2,0508	105	0,01640	481,8	1,8616
175	0,02440	561,0	2,0634	110	0,01677	487,4	1,8761
180	0,02475	566,6	2,0758	115	0,01714	492,9	1,8905
185	0,02509	572,2	2,0882	120	0,01750	498,4	1,9046
190	0,02543	577,9	2,1005	125	0,01785	503,9	1,9186
195	0,02577	583,5	2,1127	130	0,01820	509,5	1,9323
200	0,02611	589,3	2,1248	135	0,01854	515,0	1,9460
205	0,02645	595,0	2,1369	140	0,01887	520,5	1,9594
55,2	15,00			145	0,01921	526,0	1,9728
55,2	0,01308	425,7	1,7063	150	0,01954	531,6	1,9860
60	0,01363	431,7	1,7246	155	0,01986	537,2	1,9990
65	0,01417	437,8	1,7427	160	0,02018	542,7	2,0120
70	0,01468	443,7	1,7601	165	0,02050	548,4	2,0248
75	0,01516	449,5	1,7769	170	0,02082	554,0	2,0376
80	0,01562	455,2	1,7932	175	0,02113	559,6	2,0502
85	0,01606	460,9	1,8090	180	0,02144	565,2	2,0627
90	0,01649	466,4	1,8245	185	0,02175	570,9	2,0752
95	0,01690	472,0	1,8397	190	0,02206	576,6	2,0876
100	0,01731	477,5	1,8546	195	0,02230	582,3	2,0998
105	0,01770	483,0	1,8692	200	0,02267	588,1	2,1121
110	0,01809	488,5	1,8837	205	0,02297	593,8	2,1242
115	0,01847	494,0	1,8978	210	0,02327	599,6	2,1362
120	0,01885	499,4	1,9119	60,43	17,0000		

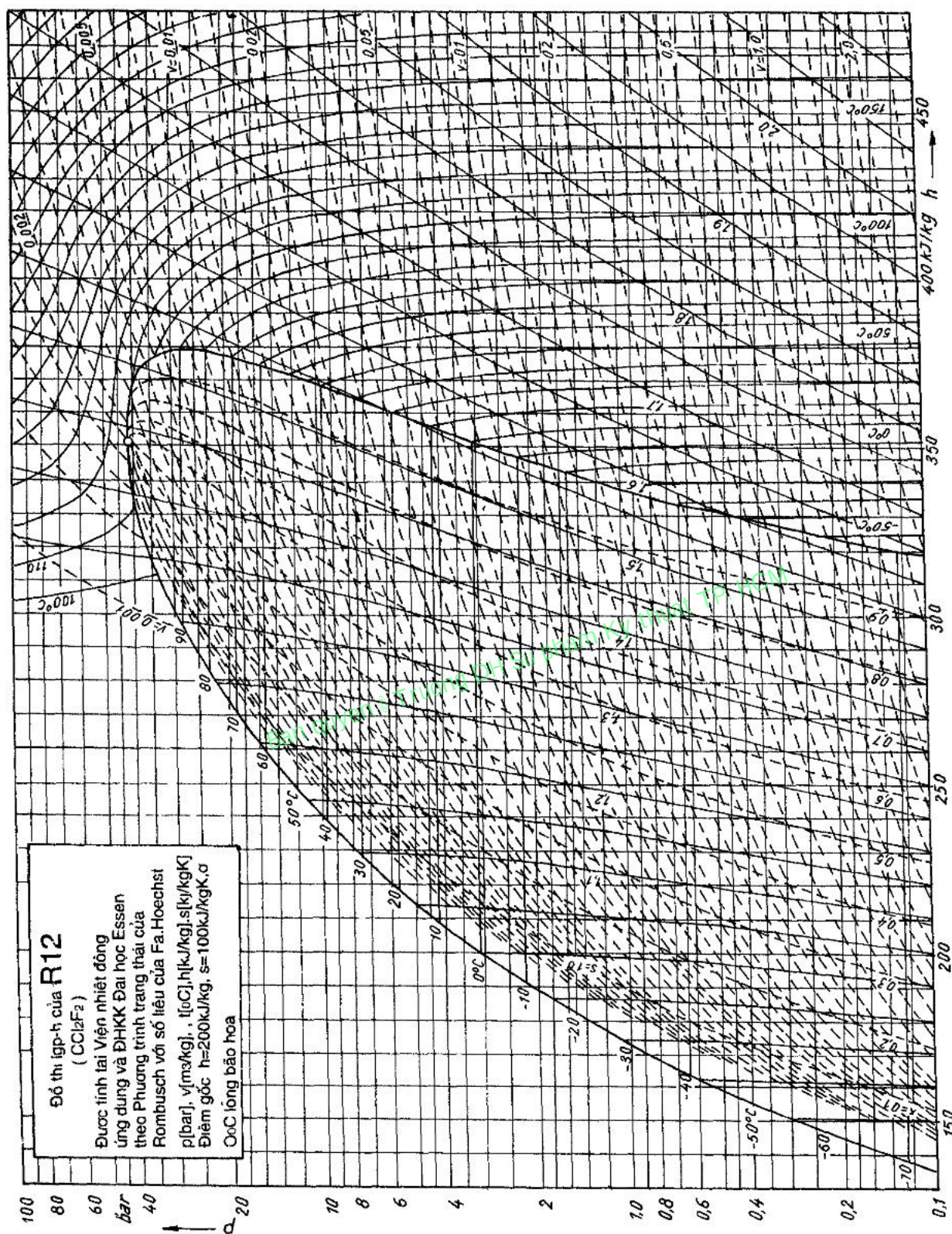
60,43	0,01132	427,2	1,7037	155	0,01742	535,6	1,9866
65	0,01183	433,3	1,7217	160	0,01772	541,2	1,9997
70	0,01234	439,7	1,7405	165	0,01801	546,9	2,0127
75	0,01281	445,8	1,7583	170	0,01830	552,5	2,0256
80	0,01326	451,8	1,7754	175	0,01859	558,2	2,0383
85	0,01369	457,7	1,7920	180	0,01887	563,9	2,0509
90	0,01410	463,5	1,8081	185	0,01915	569,6	2,0635
95	0,01449	469,3	1,8238	190	0,01943	575,4	2,0759
100	0,01487	474,9	1,8391	195	0,01971	581,1	2,0883
105	0,01525	480,6	1,8541	200	0,01998	586,9	2,1005
110	0,01561	486,2	1,8689	205	0,02026	592,7	2,1127
115	0,01596	491,8	1,8834	210	0,02053	598,5	2,1248
120	0,01631	497,4	1,8976	215	0,02080	604,3	2,1369
125	0,01665	502,9	1,9117	65,22	19,00		
130	0,01698	508,5	1,9256	65,22	0,00991	428,3	1,7007
135	0,01730	514,1	1,9393	70	0,01043	435,1	1,7205
140	0,01763	519,6	1,9529	75	0,01092	441,7	1,7398
145	0,01795	525,2	1,9663	80	0,01137	448,1	1,7580
150	0,01826	530,8	1,9796	85	0,01179	454,3	1,7755
155	0,01857	536,4	1,9927	90	0,01219	460,4	1,7923
160	0,01888	542,0	2,0057	95	0,01257	466,4	1,8086
165	0,01918	547,6	2,0186	100	0,01294	472,2	1,8244
170	0,01949	553,2	2,0314	105	0,01329	478,0	1,8399
175	0,01978	558,9	2,0441	110	0,01364	483,8	1,8550
180	0,02008	564,6	2,0567	115	0,01397	489,5	1,8698
185	0,02037	570,3	2,0692	120	0,01429	495,2	1,8844
190	0,02066	576,0	2,0816	125	0,01461	500,9	1,8987
195	0,02096	581,7	2,0939	130	0,01492	506,5	1,9129
200	0,02124	587,5	2,1062	135	0,01523	512,2	1,9268
205	0,02153	593,2	2,1183	140	0,01553	517,8	1,9405
210	0,02182	599,1	2,1304	145	0,01582	523,5	1,9541
215	0,02210	604,9	2,1424	150	0,01611	529,1	1,9676
62,87	18,0000			155	0,01640	534,8	1,9808
62,87	0,01058	427,8	1,7022	160	0,01668	540,5	1,9940
65	0,01082	430,8	1,7110	165	0,01696	546,1	2,0070
70	0,01134	437,4	1,7306	170	0,01724	551,8	2,0199
75	0,01182	443,8	1,7491	79,41	26,00		
80	0,01227	450,0	1,7667	79,41	0,00657	429,3	1,6872
85	0,01269	456,1	1,7837	80	0,00664	430,4	1,6904
90	0,01309	462,0	1,8001	85	0,00718	439,2	1,7151
95	0,01348	467,8	1,8161	90	0,00763	447,1	1,7369
100	0,01386	473,6	1,8317	95	0,00803	454,4	1,7569
105	0,01422	479,3	1,8469	100	0,00839	461,3	1,7756
110	0,01457	485,0	1,8618	105	0,00873	468,0	1,7933
115	0,01491	490,7	1,8765	110	0,00905	474,5	1,8103
120	0,01524	496,3	1,8909	115	0,00935	480,8	1,8268
125	0,01557	501,9	1,9051	120	0,00964	487,0	1,8427
130	0,01589	507,5	1,9191	125	0,00992	493,2	1,8582
135	0,01621	513,1	1,9329	130	0,01018	499,2	1,8734
140	0,01652	518,7	1,9466	135	0,01044	505,2	1,8882
145	0,01682	525,8	1,9601	140	0,01069	511,2	1,9027
150	0,01713	530,0	1,9734	145	0,01094	517,2	1,9170

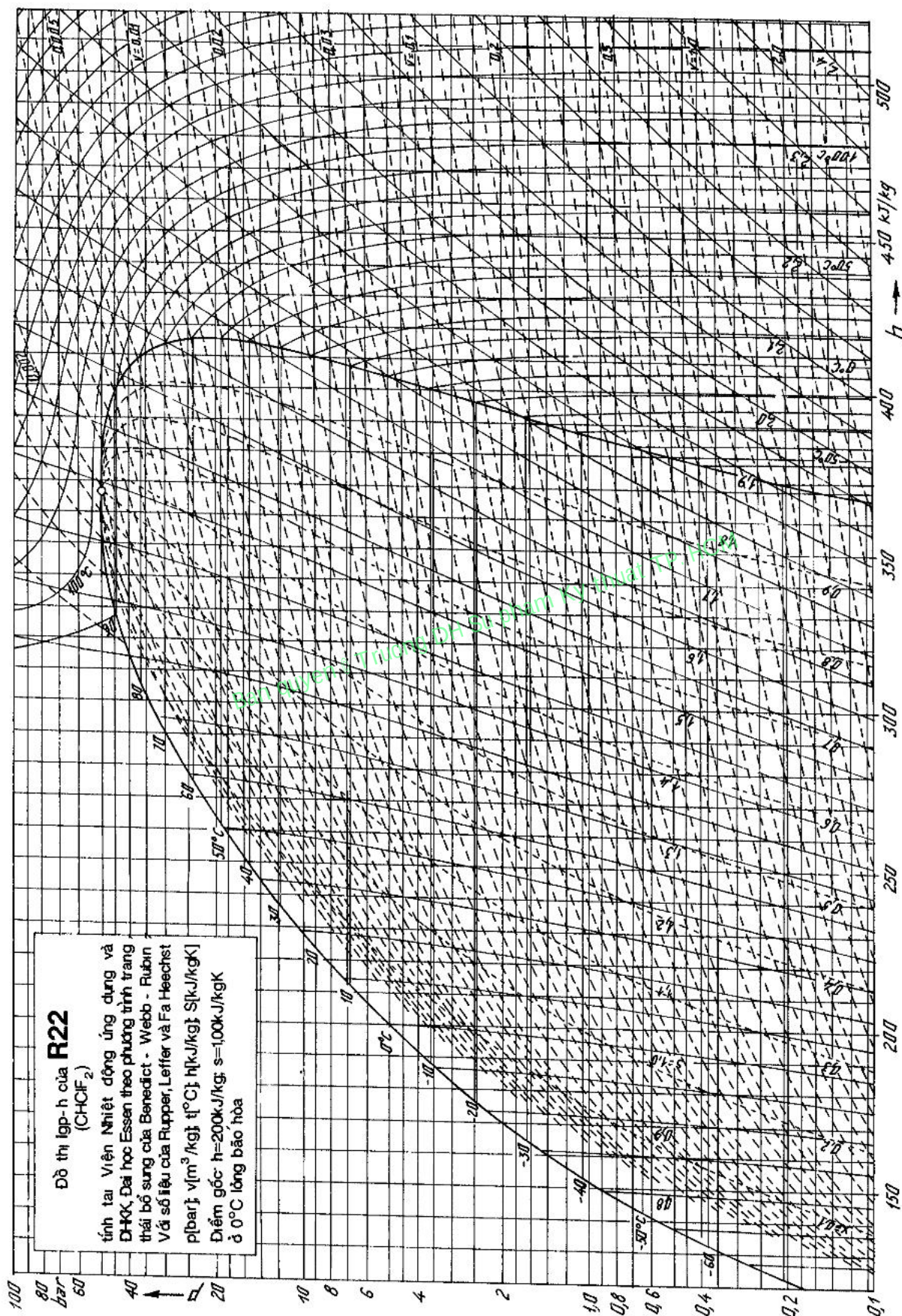
150	0,01118	523,1	1,9311	90	0,00575	436,1	1,6992
155	0,01142	529,0	1,9450	95	0,00624	445,3	1,7245
160	0,01165	534,9	1,9587	100	0,00665	453,5	1,7466
165	0,01187	540,8	1,9722	105	0,00701	461,1	1,7667
170	0,01210	546,6	1,9855	110	0,00733	468,2	1,7855
175	0,01232	552,5	1,9987	115	0,00764	475,1	1,8034
180	0,01253	558,4	2,0118	120	0,00792	481,8	1,8204
185	0,01275	564,3	2,0247	125	0,00819	488,3	1,8369
190	0,01296	570,2	2,0375	130	0,00845	494,7	1,8528
195	0,01317	576,1	2,0502	135	0,00869	501,0	1,8683
200	0,01338	582,0	2,0628	140	0,00893	507,2	1,8835
205	0,01358	588,0	2,0753	145	0,00916	513,3	1,8983
210	0,01379	593,9	2,0876	150	0,00939	519,4	1,9128
215	0,01399	599,9	2,0999	155	0,00960	525,5	1,9271
220	0,01419	605,9	2,1121	160	0,00982	531,6	1,9411
225	0,01439	611,9	2,1242	165	0,01003	537,6	1,9549
230	0,01458	617,9	2,1362	170	0,01023	543,6	1,9686
82,91	28			175	0,01043	549,6	1,9820
82,91	0,00589	428,7	1,6819	180	0,01063	555,6	1,9953
85	0,00614	433,0	1,6941	185	0,01083	561,6	2,0085
90	0,00666	442,1	1,7193	190	0,01102	567,6	2,0215
95	0,00709	450,2	1,7413	195	0,01121	573,6	2,0344
100	0,00747	457,6	1,7614	200	0,01139	579,6	2,0471
105	0,00782	464,7	1,7802	205	0,01158	585,6	2,0598
110	0,00814	471,4	1,7980	210	0,01176	591,6	2,0723
115	0,00844	478,0	1,8150	215	0,01194	597,6	2,0847
120	0,00872	484,5	1,8315	220	0,01212	603,7	2,0970
125	0,00899	490,8	1,8474	225	0,01230	609,7	2,1092
130	0,00925	497,0	1,8630	230	0,01248	615,8	2,1214
135	0,00951	503,1	1,8781	235	0,01265	621,9	2,1334
140	0,00975	509,2	1,8929	240	0,01283	628,0	2,1454
145	0,00999	515,3	1,9075	89,35	32		
150	0,01022	521,3	1,9218	89,35	0,00472	426,0	1,6685
155	0,01045	527,3	1,9358	90	0,00482	427,9	1,6737
160	0,01067	533,2	1,9497	95	0,00544	439,5	1,7056
165	0,01088	539,2	1,9634	100	0,00589	448,8	1,7307
170	0,01110	545,1	1,9769	105	0,00628	457,1	1,7527
175	0,01131	551,1	1,9902	110	0,00662	464,7	1,7728
180	0,01151	557,0	2,0034	115	0,00692	472,0	1,7916
185	0,01172	562,9	2,0164	120	0,00721	478,9	1,8094
190	0,01192	568,9	2,0293	125	0,00748	485,7	1,8264
195	0,01212	574,8	2,0421	130	0,00773	492,2	1,8428
200	0,01232	580,8	2,0547	135	0,00798	498,7	1,8587
205	0,01251	586,8	2,0673	140	0,00821	505,1	1,8742
210	0,01270	592,8	2,0798	145	0,00844	511,3	1,8893
215	0,01289	598,8	2,0921	150	0,00865	517,5	1,9041
220	0,01308	604,8	2,1044	155	0,00887	523,7	1,9186
225	0,01327	610,8	2,1165	160	0,00907	529,8	1,9328
230	0,01346	616,8	2,1286	165	0,00927	535,9	1,9468
235	0,01364	622,9	2,1406	170	0,00947	542,0	1,9606
86,22	30			175	0,00967	548,1	1,9742
86,22	0,00528	427,6	1,6758	180	0,00986	554,1	1,9876

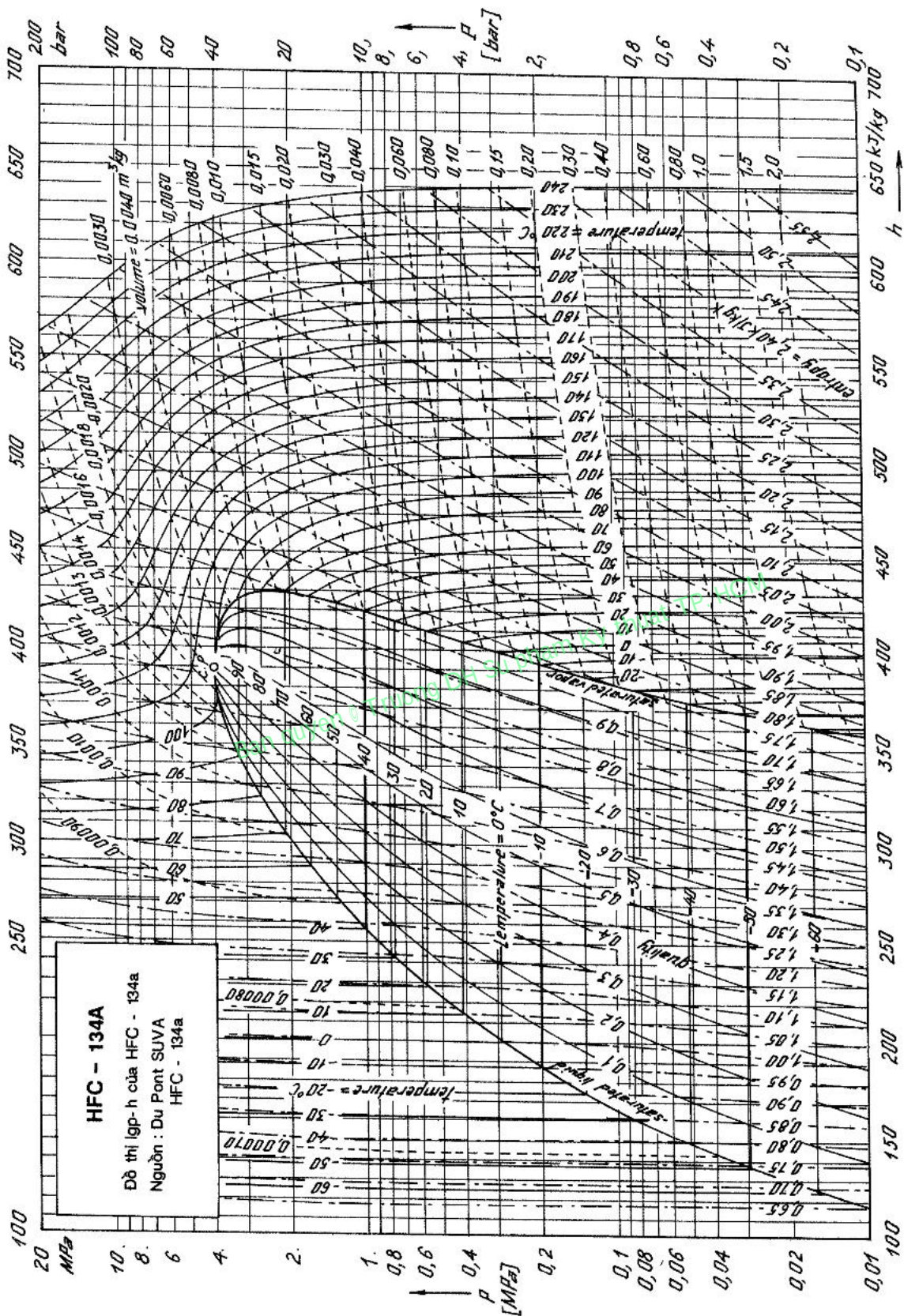
185	0,01004	560,2	2,0009	125	0,00628	480,1	1,8055
190	0,01023	566,2	2,0140	130	0,00654	487,1	1,8230
195	0,01041	572,3	2,0270	135	0,00678	494,0	1,8399
200	0,01059	578,3	2,0390	140	0,00700	500,6	1,8561
205	0,01077	584,4	2,0526	145	0,00722	507,2	1,8719
210	0,01094	590,4	2,0652	150	0,00743	513,6	1,8873
215	0,01111	590,5	2,0776	155	0,00763	520,0	1,9022
220	0,01129	602,6	2,0900	160	0,00783	526,3	1,9169
225	0,01146	608,6	2,1023	165	0,00802	532,6	1,9313
230	0,01162	614,8	2,1145	170	0,00821	538,8	1,9454
235	0,01179	620,9	2,1266	175	0,00839	545,0	1,9594
240	0,01196	627,0	2,1386	180	0,00857	551,2	1,9731
92,32	34			185	0,00874	557,4	1,9866
92,32	0,00420	423,6	1,6596	190	0,00891	563,5	1,9999
95	0,00463	432,0	1,6825	195	0,00908	569,7	2,0131
100	0,00518	443,4	1,7132	200	0,00925	575,8	2,0261
105	0,00561	452,7	1,7379	205	0,00941	581,9	2,0390
110	0,00597	461,0	1,7597	210	0,00957	588,1	2,0518
115	0,00629	468,7	1,7796	215	0,00973	594,2	2,0644
120	0,00658	475,9	1,7983	220	0,00989	600,3	2,0770
125	0,00685	482,9	1,8160	225	0,01005	606,5	2,0894
130	0,00710	489,7	1,8329	230	0,01020	612,7	2,1017
135	0,00734	496,4	1,8493	235	0,01035	618,8	2,1139
140	0,00757	502,9	1,8651	240	0,01050	625,0	2,1260
145	0,00779	509,3	1,8805	245	0,01065	631,4	2,1380
150	0,00801	515,6	1,8956	250	0,01080	637,4	2,1500
155	0,00821	521,9	1,9103	97,83	38		
160	0,00842	528,1	1,9247	97,83	0,00319	415,1	1,6324
165	0,00861	534,3	1,9389	100	0,00374	427,0	1,6645
170	0,00880	540,4	1,9529	105	0,00438	441,5	1,7031
175	0,00899	546,6	1,9667	110	0,00482	452,1	1,7309
180	0,00917	552,7	1,9802	115	0,00517	461,1	1,7543
185	0,00935	558,8	1,9936	120	0,00549	469,4	1,7754
190	0,00953	564,9	2,0068	125	0,00577	477,1	1,7948
195	0,00971	571,0	2,0199	130	0,00602	484,4	1,8131
200	0,00988	577,1	2,0328	135	0,00626	491,4	1,8306
205	0,01005	583,1	2,0457	140	0,00649	498,3	1,8473
210	0,01022	589,2	2,0583	145	0,00671	505,0	1,8634
215	0,01038	595,3	2,0709	150	0,00691	511,6	1,8791
220	0,01055	601,5	2,0834	155	0,00711	518,1	1,8944
225	0,01071	607,6	2,0957	160	0,00731	524,5	1,9093
230	0,01087	613,7	2,1080	165	0,00749	530,9	1,9239
235	0,01103	619,8	2,1201	170	0,00767	537,2	1,9382
240	0,01119	626,0	2,1322	175	0,00785	543,5	1,9523
245	0,01134	632,2	2,1441	180	0,00802	549,7	1,9661
95,15	36			185	0,00819	555,9	1,9798
95,15	0,00370	420,3	1,6483	190	0,00836	562,1	1,9932
100	0,00449	436,6	1,6924	195	0,00852	568,3	2,0065
105	0,00498	447,6	1,7216	200	0,00868	574,5	2,0197
110	0,00537	456,8	1,7458	205	0,00884	580,7	2,0326
115	0,00571	465,1	1,7672	210	0,00900	586,9	2,0455
120	0,00601	472,8	1,7870	215	0,00915	593,0	2,0582

220	0,00930	599,2	2,0708
225	0,00945	605,4	2,0833
230	0,00960	611,6	2,0957
235	0,00975	617,8	2,1079
240	0,00989	624,0	2,1201
245	0,01004	630,2	2,1322
250	0,01018	636,5	2,1441
100,37	40		
100,37	0,00254	404,4	1,6022
105	0,00376	433,7	1,6804
110	0,00429	446,7	1,7143
115	0,00468	456,8	1,7406
120	0,00501	465,7	1,7634
125	0,00530	473,8	1,7840
130	0,00556	481,5	1,8031
135	0,00580	488,8	1,8212
140	0,00603	495,9	1,8385
145	0,00624	502,8	1,8550
150	0,00645	509,5	1,8710
155	0,00664	516,2	1,8866
160	0,00683	522,7	1,9018
165	0,00702	529,2	1,9166
170	0,00719	535,6	1,9311
175	0,00737	541,9	1,9454
180	0,00753	548,2	1,9594
185	0,00770	554,5	1,9732
190	0,00786	560,8	1,9867
195	0,00802	567,0	2,0001
200	0,00817	573,2	2,0134
205	0,00833	579,4	2,0265
210	0,00848	585,7	2,0394
215	0,00863	591,9	2,0522
220	0,00877	598,1	2,0649
225	0,00892	604,3	2,0774
230	0,00906	610,5	2,0898
235	0,00920	616,8	2,1022
240	0,00934	623,0	2,1144
245	0,00948	629,3	2,1265
250	0,00962	635,5	2,1386









BẢNG 9: CHỌN DẦU CHO MÁY NÉN PISTON VỚI CÁC MÔI CHẤT KHÁC NHAU.

Môi chất	Amônias		R22		R12		R502		R134a	
Kí hiệu dầu	Nhiệt độ bay hơi thấp nhất °C	Giới thiệu	Nhiệt độ bay hơi		Nhiệt độ bay hơi		Nhiệt độ bay hơi		Nhiệt độ bay hơi	
			Thấp nhất °C	Cao nhất °C	Thấp nhất °C	Cao nhất °C	Thấp nhất °C	Cao nhất °C	Thấp nhất °C	Cao nhất °C
M46	-50	●	-35	0	-	-	-25	-5	-	-
M46-48	-50	◆	-35	+5	-45	0	-25	-5	-	-
M68	-50	◆	-35	+10	-45	+5	-25	-5	-	-
M100	-35	●	-20	+10	-30	+10	-	-	-	-
M150	-	-	-10	+15	-20	+15	-	-	-	-
MA46	-50	●	-45	0	-	-	-35	-5	-	-
MA46-48	-50	◆	-45	+5	-50	0	-35	-5	-	-
MA68	-50	◆	-45	+10	-45	+5	-35	-5	-	-
MA100	-35	●	-35	+10	-45	+10	-	-	-	-
A46	-50	●	-60	0	-50	+5	-60	-5	-	-
A46-68	-50	◆	-60	+5	-50	+5	-60	-5	-	-
A68	-50	◆	-60	+10	-50	0	-60	-5	-	-
A100	-35	●	-60	+10	-50	+10	-60	-5	-	-
A150	-	-	-60	+15	-50	+10	-60	-5	-	-
AP46	-50	◆	-45	+10	-50	0	-	-	-	-
AP68	-50	Δ	-45	+15	-50	+10	-5	-5	-	-
AP100	-50	◆	-45	+20	-50	+15	-	-	-	-
MP46	-50	◆	-	-	-	-	-	-	-	-
P68	-50	Δ	-20	+15	-30	+10	-	-	-	-
P100	-50	◆	-20	+25	-30	+20	-	-	-	-
P150	0	◆	-	-	-10	+25	-	-	-	-
P220	+10	●	-	-	-10	+35	-	-	-	-
E46	-	-	-	-	Chưa xác định				-40	0
E68	-	-	-40	0					-30	0
E100	-	-	-40	+10					-30	+20
E150	-	-	-40	+20					-20	+20
E220	-	-	-	-					0	+35

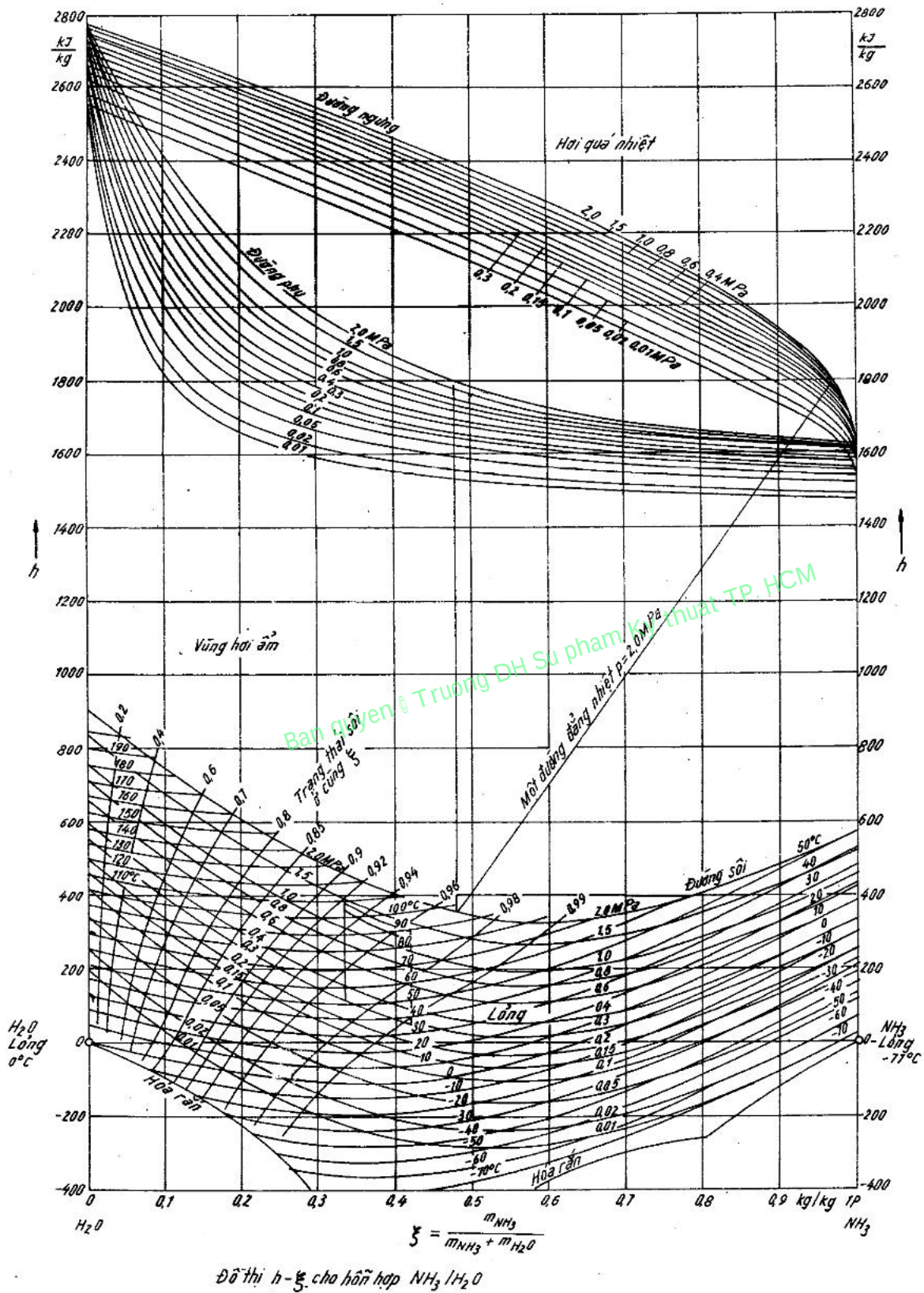
Ghi chú: - Không dùng được; ● Có thể dùng được; ◆ Nên dùng; Δ Rất nên dùng

BẢNG 10: CHỌN DẦU CHO MÁY NÉN TRỤC VÍT VỚI CÁC MÔI CHẤT KHÁC NHAU.

Môi chất	Amônias			R22					R12					R134a				
Số hiệu dầu	t _o mín °C	Nhiệt độ dầu max	Giới thiệu	t _o		Nhiệt độ dầu max			t _o		Nhiệt độ dầu max			t _o		Nhiệt độ dầu max		
				mín °C	max °C	t _k 35° C	t _k 45° C	t _k 55° C	mín °C	max °C	t _k 40° C	t _k 60° C	t _k 80° C	mín °C	max °C	t _k 40° C	t _k 60° C	t _k 80° C
M46	-50	50	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M46-48	-50	50	◆	-35	0	45	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M68	-50	50	◆	-35	5	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M100	-35	55	●	-20	10	50	50	50	-30	5	50	-	-	-	-	-	-	-
M150	-	-	-	-10	15	55	55	50	-20	10	60	-	-	-	-	-	-	-
MA46	-50	50	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA46-48	-50	50	◆	-45	0	45	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA68	-50	50	●	-45	5	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MA100	-35	55	●	-35	10	55	55	50	-45	5	50	-	-	-	-	-	-	-
A46	-50	50	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A46-68	-50	50	◆	-60	0	45	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A68	-50	50	◆	-60	5	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A100	-35	55	●	-60	10	55	55	50	-50	5	50	-	-	-	-	-	-	-
A150	-	-	-	-60	15	75	75	70	-50	10	60	-	-	-	-	-	-	-
AP46	-60	50	●	-45	5	55	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AP68	-60	55	Δ	-45	10	65	60	55	-50	5	50	-	-	-	-	-	-	-
AP100	-50	60	◆	-45	15	70	65	60	-50	10	55	-	-	-	-	-	-	-
MP46	-50	60	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P68	-60	60	Δ	-20	10	65	65	60	-30	5	60	55	-	-	-	-	-	-
P100	-50	60	◆	-20	20	70	70	65	-30	15	65	60	-	-	-	-	-	-
P150	-	-	-	-10	25	75	75	70	-10	20	70	65	60	-	-	-	-	-
P220	-	-	-	0	25	-	80	80	-10	35	80	75	70	-	-	-	-	-
P320	-	-	-	-	-	-	-	-	0	35	-	80	75	-	-	-	-	-
P460	-	-	-	-	-	-	-	-	0	35	-	85	80	-	-	-	-	-
E46	-	-	-	-	-	-	-	-	Chưa xác định					-40	0	55	55	-
E68	-	-	-	-	-	-	-	-						-30	0	65	60	-
E100	-	-	-	-40	10	50	50	-						-20	20	70	65	60
E150	-	-	-	-40	20	50	50	-						-20	20	75	70	65
E220	-	-	-	-40	25	55	55	55						0	35	80	75	70
E320	-	-	-	-40	25	65	65	65						0	35	-	80	75
				♠	♠	♠			♠	♠	♠			♠	♠	♠		

Ghi chú: - Không dùng được; ● Có thể dùng được; ◆ Nên dùng; Δ Rất nên dùng.

♠ Nhiệt độ dầu phụ thuộc đầu đẩy, cao hơn nhiệt độ ngưng tụ t_k 25°C.



TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đức Lợi. Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh. Hà Nội: NXB khoa học và kỹ thuật, 1992. 354 tr.
2. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền. Môi chất lạnh. NXB giáo dục, 1996. 312tr.
3. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền. Tủ lạnh, máy kem, máy đá, máy điều hòa nhiệt độ. Hà Nội: NXB khoa học và kỹ thuật, 1990. 356 tr.
4. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền. Kỹ thuật lạnh cơ sở. NXB giáo dục, 1996. 328 tr.
5. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền, Đinh Văn Thuận. Kỹ thuật lạnh ứng dụng. NXB giáo dục, 1995. 372 tr.
6. Nguyễn Đức Lợi. Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh. Hà Nội: NXB khoa học và kỹ thuật, 1992. 354 tr.
7. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền. Môi chất lạnh. NXB giáo dục, 1996. 312tr.
8. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền. Tủ lạnh, máy kem, máy đá, máy điều hòa nhiệt độ. Hà Nội: NXB khoa học và kỹ thuật, 1990. 356 tr.
9. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền. Kỹ thuật lạnh cơ sở. NXB giáo dục, 1996. 328 tr.
10. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền, Đinh Văn Thuận. Kỹ thuật lạnh ứng dụng. NXB giáo dục, 1995. 372 tr.
11. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền. Máy và thiết bị lạnh. Hà Nội: NXB giáo dục, 2003, 292 tr.
12. Nguyễn Đức Lợi. Dạy nghề sửa chữa tủ lạnh và máy điều hòa không khí dân dụng. Hà Nội: NXB giáo dục, 2006, 300 tr.
13. Nguyễn Đức Lợi. Tự động hóa hệ thống lạnh. Hà Nội: NXB giáo dục, 2000, 320 tr.
14. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuyền. Bài tập kỹ thuật lạnh. NXB giáo dục, 1996. 228 tr.
15. Lê Chí Hiệp. Máy lạnh hấp thụ trong kỹ thuật điều hòa không khí. NXB ĐHQG TP. HCM. 2004, 506 tr.
16. Lê Chí Hiệp. Kỹ thuật điều hòa không khí. NXB KHKT 2001, 560 tr.
17. Đinh Văn Thuận, Võ Chí Chính. Hệ thống máy và thiết bị lạnh. Hà Nội: NXB khoa học và kỹ thuật, 2005, 496 tr.
18. Đinh Văn Thuận, Võ Chí Chính. Tính toán thiết kế hệ thống điều hòa không khí hiện đại. Hà Nội: NXB khoa học và kỹ thuật, 2003, 320 tr.
19. Trần Thanh Kỳ. Máy lạnh. Hồ Chí Minh, 1983. 614 tr.
20. Trần Đức Ba. Kỹ thuật lạnh đại cương. NXB đại học và trung học chuyên nghiệp, 1986. 234 tr.
21. Nguyễn Văn May. Tính toán, vận hành và sửa chữa máy lạnh. Hà Nội: NXB khoa học và kỹ thuật, 1985. 173 tr.
22. Vũ Diễm Hương, Nguyễn Đức Lợi. Vật liệu kỹ thuật nhiệt và kỹ thuật lạnh. Hà Nội, 1991. 166 tr.
23. Hà Đăng Trung, Nguyễn Quân. Cơ sở kỹ thuật điều tiết không khí. Hà Nội: NXB khoa học và kỹ thuật, 1997, 228 tr.
24. Nguyễn Xuân Tiên. Hướng dẫn tính toán - thiết kế kỹ thuật lạnh.
25. Sổ tay sử dụng máy nén lạnh piston Mycom.
26. Амелистов Е.В., Клименко В.В., Павлов Ю.М. Кипение криогенных жидкостей. -М.: Энергоатомиздат, 1995. 400 tr.
27. Бабакин Б.С., Выгодин В.А. Бытовые холодильники и морозильники. -М.: Колос, 1998. 632 tr.
28. Бадилькес И.Т.Р. Рабочие вещества холодильных машин. -М.: Пищепромиздат, 1952. 228 tr.
29. Бадилькес И.Т.Р., Данилов Р.Л. Система охлаждения с использованием пароструйных приборов в качестве бустер-компрессоров. -М.: Госторгиздат, 1961. 30 tr.

30. Беляков В.П. Криогенная техника и технология. -М.: Энергоатомиздат, 1982. 272 tr.
31. Богданов Т.Р., Иванов О.П., Куприянова А.В. Свойства рабочих веществ, теплоносителей и материалов, используемых в холодильной технике. Издательство ленинградского университета, 1972. 148 tr.
32. Богданов Т.Р., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ. -М.: Агрпроимиздат, 1985. 208 tr.
33. Быков А.В. Холодильные машины. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982. 220 tr.
34. Вайнштейн В.Д. Канторович В.И. Низкотемпературные холодильные установки. - М.: Пищевая и лёгкая промышленность, 1972. 352 tr.
35. Везиришвили О.Ш., Меладзе Н.В. Энергосберегающие теплонасосные схемы тепло- и хладоснабжения. -МЖ МЭИ, 1994. 158 tr.
36. Захаров Ю.В. Судовые устройства кондиционирования воздуха и холодильные машины. -Л.: Судостроение, 1979. 586 tr.
37. Зелинковский И.Х. Справочник по теплообменным аппаратам малых холодильных машин. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1973. 178 tr.
38. Гоголин А.А. Интенсификация теплообмена в испарителях холодильных машин. М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982. 222 tr.
39. Голуков Б.Н., Романова Т.М., Гусев В.А. Проектирование и эксплуатация установок кондиционирования воздуха и отопления. -М.: Энергоатомиздат, 1988. 126 tr.
40. Голянд М.М., Малеванный Б.И. Холодильное технологическое оборудование. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1977. 336 tr.
41. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. -М.: Энергоатомиздат, 1981. 418 tr.
42. Канторович В.И. Основы автоматизации холодильных установок. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1976. 278 tr.
43. Каплан Л.Г. Торговое холодильное оборудование. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. 288 tr.
44. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. -М.: Энергоатомиздат, 1983. 416 tr.
45. Маринок Б.Т. Аппараты холодильных машин, теория и расчёт. -М.: Энергоатомиздат, 1995. 160 tr.
46. Михайлов А.К., Ворошилов В.П. Компрессорные машины. -М.: Энергоатомиздат, 1989. 288 tr.
47. Михайлов А.К., Новиков Ю.А., Юрченко В.А. Насосы холодильной техники. -М.: Колос, 1996. 288tr.
48. Применение холода в пищевой промышленности. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1979. 272 tr.
49. Рамм В.М. Пароструйные вакуум-эжекторные установки. -м.: госхимиздат, 1949. 96 tr.
50. Рассел Е. Смит. Ремонт холодильников, кондиционеров и нагревательных приборов. Ростов на дону: «Финикс»ю 1998. 540 tr.
51. Рой Дж. Доссат Основы холодильной техники. -М.: Пищевая и лёгкая промышленность, 1984. 520 tr.
52. Сильман М.А., Шумелинский М.Г. Пароводяные эжекторные холодильные машины. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984. 272 tr.
53. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. -М.: Энергоиздат, 1981. 320 tr.
54. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. -М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 tr.
55. Солнцев Ю.П., Степанов Г.А. Материалы в криогенной технике. -Л.: Машиностроение, 1982. 312 tr.

56. Томановская В.Ф., Колотова Б.Е. Фреоны. издательство “Химия”, Ленинградское отделение, 1970. 182 tr.
57. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник. -М.: Энергоатомиздат, 1983. 552 tr.
58. Холодильные машины. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982. 224 tr.
59. Холодильные компрессоры. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. 280tr.
60. Эксплуатация холодильников. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1977. 202 tr.
61. Яспер В., Плачек Р. Консервирование мяса холодом. -М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1980. 120 tr.
62. International workshop "Non-compression refrigeration & cooling": тез. докл. -Odessa, 1999. 160 tr.
63. Rechard C. Jordan. Refrigeration and air conditioning. Tokyo, 1965. 556 tr.
64. Trane air conditioning manual. Winconsin, Published in the Interests of the air conditioning industry by The Trane company la cross, 1965. 456 tr.
65. Сасин В.Я., Ле Суан Хоа, Егоров А.В. Проект промышленной системы хладоснабжения на основе двухфазного пульсационного контура с эжектором // Вторая российская национальная конференция по теплообмену: докл. -М., 1998. . –Т.5. . –tr.97÷99.
66. Sasin V.J., Le Xuan Hoa. Outlook at application of pulsing thermosyphons in vapor-ejector type refrigerators // International workshop "Non-compression refrigeration & cooling": тез. докл. -Odessa, 1999. –tr. 138-141.
67. Ле Суан Хоа. Безнасосная пульсационная парозежекторная холодильная установка // IV научный симпозиум Вьетнамской научно-технической ассоциации в РФ: докл. -

Ban quyền © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

MỤC LỤC

Trang

CHƯƠNG I

CƠ SỞ NHIỆT ĐỘNG CỦA MÁY LẠNH.

1.1 Mở đầu.	1
1.2 Chu trình ngược Carnot (1796- 1832).	1
1.2.1 Định nghĩa.	1
1.2.2 Sơ đồ, đồ thị, chu trình lý thuyết.	2
1.2.3 Tính toán chu trình.	2
1.2.4 Nhận xét, kết luận.	2
1.3 Phân loại các phương pháp làm lạnh nhân tạo.	2
1.4 Làm lạnh nhờ hiệu ứng tiết lưu.	3
1.4.1 Định nghĩa.	3
1.4.2 Quá trình tiết lưu.	3
1.4.3 Hiệu ứng Joule-Thompson.	4
1.5 Làm lạnh nhờ hiệu ứng dẫn nở đoạn nhiệt sinh ngoại công.	5
1.5.1 Định nghĩa.	5
1.5.2 Hiệu ứng dẫn nở đoạn nhiệt đẳng entropy.	5
1.5.3 Ưu nhược điểm của tiết lưu và dẫn nở sinh ngoại công.	6
1.5.4 Nhận xét.	6
1.6 Làm lạnh nhờ hiệu ứng xoáy.	6
1.6.1 Sơ đồ, đồ thị T-s.	6
1.6.2 Nguyên lý làm việc.	6
1.6.3 Hiệu ứng xoáy.	7
1.6.4 Ưu nhược điểm.	7
1.7 Làm lạnh nhờ hiệu ứng nhiệt điện.	7
1.7.1 Hiệu ứng Zeebec.	7
1.7.2 Hiệu ứng Peltier.	8
1.8 Làm lạnh nhờ hiệu ứng hấp thụ.	9

CHƯƠNG 2:

MÔI CHẤT LÀM LẠNH, MÔI CHẤT TẢI LẠNH, DẦU BÔI TRƠN.

2.1 Các yêu cầu đối với môi chất làm lạnh.	10
2.1.1 Các yêu cầu về nhiệt động.	10
2.1.2 Các yêu cầu về hóa học.	10
2.1.3 Các yêu cầu về sinh lý.	10
2.1.4 Các yêu cầu về kinh tế.	10
2.1.5 Các yêu cầu về môi trường.	10
2.2 Các tính chất của amônias (NH ₃ - R717):	10
2.2.1 Các yêu cầu về nhiệt động.	10
2.2.2 Các yêu cầu về hóa học.	11
2.2.3 Các yêu cầu về sinh lý.	11

2.2.4 Các yêu cầu về kinh tế.	11
2.2.5 Các yêu cầu về môi trường.	11
2.3 Đại cương về môi chất lạnh và freon.	11
2.4 Các tính chất của R12.	11
2.4.1 Các yêu cầu về nhiệt động.	12
2.4.2 Các yêu cầu về hóa học.	12
2.4.3 Các yêu cầu về sinh lý.	12
2.4.4 Các yêu cầu về kinh tế.	12
2.4.5 Các yêu cầu về môi trường.	12
2.5 Các tính chất của R22.	12
2.5.1 Các yêu cầu về nhiệt động.	12
2.5.2 Các yêu cầu về hóa học.	13
2.5.3 Các yêu cầu về sinh lý.	13
2.5.4 Các yêu cầu về kinh tế.	13
2.5.5 Các yêu cầu về môi trường.	13
2.6 Các tính chất của R134a.	13
2.6.1 Các yêu cầu về nhiệt động.	13
2.6.2 Các yêu cầu về hóa học.	13
2.6.3 Các yêu cầu về sinh lý.	14
2.6.4 Các yêu cầu về kinh tế.	14
2.6.5 Các yêu cầu về môi trường.	14
2.7 Các yêu cầu đối với môi chất tải lạnh, phân loại.	14
2.7.1 Các yêu cầu về nhiệt động.	14
2.7.2 Các yêu cầu về hóa học.	14
2.7.3 Các yêu cầu về sinh lý.	14
2.7.4 Các yêu cầu về kinh tế.	14
2.7.5 Các yêu cầu về môi trường.	14
2.7.6 Phân loại.	14
2.8 Môi chất tải lạnh là không khí.	15
2.8.1 Các yêu cầu về nhiệt động.	14
2.8.2 Các yêu cầu về hóa học.	14
2.8.3 Các yêu cầu về sinh lý.	14
2.8.4 Các yêu cầu về kinh tế.	14
2.8.5 Các yêu cầu về môi trường.	14
2.9 Môi chất tải lạnh là nước muối NaCl-H ₂ O.	15
2.9.1 Các yêu cầu về nhiệt động.	15
2.9.2 Các yêu cầu về hóa học.	15
2.9.3 Các yêu cầu về sinh lý.	16
2.9.4 Các yêu cầu về kinh tế.	16
2.9.5 Các yêu cầu về môi trường.	16
2.10 Môi chất tải lạnh là nước muối CaCl ₂ -H ₂ O.	16
2.10.1 Các yêu cầu về nhiệt động.	16
2.10.2 Các yêu cầu về hóa học.	16

2.10.3 Các yêu cầu về sinh lý.	16
2.10.4 Các yêu cầu về kinh tế.	16
2.10.5 Các yêu cầu về môi trường.	16
2.11 Môi chất tải lạnh là hỗn hợp nước-etylenglycol ($C_2H_2(OH)_2$).	16
2.18.1 Các yêu cầu về nhiệt động.	18
2.18.2 Các yêu cầu về hóa học.	18
2.18.3 Các yêu cầu về sinh lý.	18
2.18.4 Các yêu cầu về kinh tế.	18
2.18.5 Các yêu cầu về môi trường.	18
2.12 Quan hệ giữa môi chất và dầu máy lạnh.	18
2.13 Lựa chọn dầu bôi trơn máy lạnh.	19
2.13.1 Độ nhớt và độ hoà tan của dầu trong các môi chất lạnh.	19
2.13.2 Môi chất lạnh và các loại dầu thường dùng.	19
2.14 Bảng chọn dầu bôi trơn máy lạnh.	20
2.14.1 Tiêu chuẩn quốc tế về dầu máy lạnh.	20
2.13.2 Bảng dầu máy lạnh.	21

CHƯƠNG 3

MÁY LẠNH 1 CẤP

3.1 Phân loại máy lạnh.	22
3.1.1 Phân loại máy lạnh theo quá trình biến đổi vật lý của môi chất.	22
3.1.2 Phân loại máy lạnh theo dạng năng lượng cấp cho chu trình.	22
3.1.2 Phân loại máy lạnh theo dạng năng lượng cấp cho chu trình.	22
3.1.4 Phân loại máy lạnh theo nhiệt độ làm lạnh.	22
3.1.5 Phân loại máy lạnh theo chu trình nhiệt động.	22
3.1.6 Phân loại máy lạnh theo tính năng sử dụng.	22
3.1.7 Phân loại máy lạnh theo môi chất lạnh sử dụng.	22
3.2 Máy lạnh 1 cấp dùng môi chất là không khí.	23
3.2.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	23
3.2.2 Tính toán các thông số của chu trình.	24
3.2.3 So sánh với chu trình Carnot.	24
3.2.4 Các nhận xét.	24
3.3 Máy lạnh 1 cấp làm việc vùng 2 pha dùng máy dẫn nở.	25
3.3.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	25
3.3.2 Tính toán các thông số của chu trình.	25
3.3.3 So sánh với chu trình Carnot.	26
3.3.4 Các nhận xét.	26
3.4 Máy lạnh 1 cấp thực hiện hành trình khô dùng van tiết lưu.	26
3.4.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	26
3.4.2 Tính toán các thông số của chu trình.	27
3.4.3 So sánh với chu trình Carnot.	27
3.4.4 Các nhận xét.	27
3.5 Máy lạnh 1 cấp thực hiện hành trình khô dùng bình tách lỏng.	27

3.5.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	27
3.5.2 Tính toán các thông số của chu trình.	28
3.5.4 Các nhận xét.	28
3.6 Máy lạnh 1 cấp thực hiện hành trình khô dùng thiết bị hồi nhiệt.	29
3.6.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	29
3.6.2 Tính toán các thông số của chu trình.	29
3.6.4 Các nhận xét.	29
3.7 Bơm nhiệt.	29
3.7.1 Bơm nhiệt công suất lớn.	29
3.7.2 Bơm nhiệt công suất nhỏ (máy điều hòa không khí đảo chiều).	31
3.8 Tính toán chu trình máy lạnh 1 cấp.	31
3.8.1 Các đại lượng cho trước.	31
3.8.2 Trình tự tính toán.	32

CHƯƠNG 4: MÁY LẠNH NHIỀU CẤP, NHIỀU TẦNG

4.1 Sự cần thiết phải dùng máy nén piston nhiều cấp, nhiều tầng.	34
4.1.1 Quá trình nén khí máy nén piston 1 cấp.	34
4.1.1 Quá trình nén khí máy nén piston nhiều cấp.	34
4.1.3 Máy lạnh nhiều tầng.	35
4.1.4 Phân cấp máy nén theo nhiệt độ bay hơi.	35
4.2 Máy lạnh hai cấp không trích hơi trung gian, làm mát trung gian không hoàn toàn.	35
4.2.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	35
4.2.2 Tính toán chu trình.	36
4.2.3 Nhận xét.	36
4.3 Máy lạnh 2 cấp có trích hơi trung gian, làm mát trung gian không hoàn toàn, có 2 tiết lưu.	37
4.3.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	37
4.3.2 Tính toán chu trình.	38
4.3.3 Nhận xét.	38
4.4 Máy lạnh 2 cấp có trích hơi trung gian, làm mát trung gian hoàn toàn, có 2 tiết lưu.	38
4.4.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	38
4.4.2 Tính toán chu trình.	39
4.5 Máy lạnh 2 cấp làm mát trung gian hoàn toàn, có 2 chế độ bốc hơi.	40
4.5.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	40
4.5.2 Tính toán chu trình.	41
4.5.3 Nhận xét.	42
4.6 Máy lạnh 2 cấp làm mát trung gian hoàn toàn, bình trung gian loại ống trao đổi nhiệt (Ống xoắn lò xo).	42
4.6.1 Mục đích dùng bình trung gian có ống trao đổi nhiệt (ống xoắn lò xo).	42
4.6.2 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	42
4.6.3 Tính toán chu trình.	43

4.6.4 So sánh hai loại bình trung gian.	44
4.7 Máy lạnh 2 cấp, làm mát trung gian không hoàn toàn, bình trung gian ống xoắn. ..	44
4.7.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	44
4.7.2 Tính toán chu trình.	45
4.8 Máy lạnh 3 cấp.	46
4.8.1 Mục đích dùng máy lạnh 3 cấp.	46
4.8.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	46
4.8.2 Tính toán chu trình.	46
4.9 Máy lạnh 3 cấp sản xuất nước đá khô CO ₂	47
4.10 Máy lạnh ghép tầng.	48
4.10.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	48
4.10.2 Tính toán chu trình.	49
4.10.3 Nhận xét.	49

CHƯƠNG 5

MÁY LẠNH HẤP THỤ & MÁY LẠNH EJECTOR

5.1 Các khái niệm chung.	50
5.2 Máy lạnh hấp thụ NH ₃ -H ₂ O một cấp.	51
5.2.1 Sơ đồ nguyên lý, đồ thị, chu trình lý thuyết.	51
5.2.2 Xây dựng đồ thị h-ξ.	52
5.2.3 Tính toán chu trình.	52
5.2.4 Quá trình ở các thiết bị chưng cất và hồi lưu.	53
5.2.5 Các chứng minh.	54
5.3 Chu trình máy lạnh hấp thụ khuếch tán.	54
5.3.1 Sơ đồ nguyên lý.	54
5.3.2 Chu trình lý thuyết.	55
5.3.3 Ưu điểm & nhược điểm.	57
5.4 Máy lạnh ejector.	57
5.4.1 Các khái niệm chung.	57
5.4.2 Sơ đồ.	57
5.4.3 Chu trình.	58
5.4.4 Đồ thị.	59
5.4.5 Tính toán chu trình.	59

CHƯƠNG 6:

MÁY LẠNH NHIỆT ĐỘ THẤP (MÁY LẠNH CRYO)

6.1 Khái niệm máy lạnh cryo.	60
6.2 Các chu trình lạnh cryo đơn giản.	60
6.2.1. Chu trình Picter (Chu trình máy lạnh cryo ghép tầng).	60
6.2.2 Chu trình Linde.	61

6.2.3 Chu trình Clode.	61
6.3 Các giai đoạn nhiệt động cơ bản của lạnh cryo.	62
6.3.1 Sơ đồ nguyên lý.	62
6.3.2 Phân tích các giai đoạn.	63
6.4 Sơ đồ hóa lỏng không khí loại trung áp, cao áp thu N ₂ , O ₂	63
6.4.1 Sơ đồ.	63
6.4.2 Nguyên lý làm việc.	64
6.5 Sơ đồ hóa lỏng không khí hạ áp thu O ₂ , N ₂	64
6.5.1 Sơ đồ.	65
6.5.2 Nguyên lý làm việc.	65

PHỤ LỤC

Bảng 1: Bảng hơi bão hòa NH ₃	66
Bảng 2: Bảng hơi quá nhiệt NH ₃	71
Bảng 3: Bảng hơi bão hòa R12	80
Bảng 4: Bảng hơi quá nhiệt R12	84
Bảng 5: bảng hơi bão hoà R22	96
Bảng 6: Bảng hơi quá nhiệt R22	100
Bảng 7: Bảng hơi bão hoà R134a	112
Bảng 8: Bảng hơi quá nhiệt R134a	116
Đồ thị lgp-h Môi chất R717	141
Đồ thị lgp-h môi chất R12	142
Đồ thị lgp-h môi chất R22	143
Đồ thị lgp-h môi chất R134a	144
Bảng 9: Chọn dầu cho máy nén piston với các môi chất khác nhau.	145
Bảng 10: Chọn dầu cho máy nén trục vít với các môi chất khác nhau.	146
Đồ thị h-ξ dung dịch nước – amoniac.	147
Tài liệu tham khảo.	148