

ỦY BAN NHÂN DÂN HUYỆN CỬ CHI
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ CỬ CHI

GIÁO TRÌNH
MÔN HỌC: CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH
NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ.
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ

*Ban hành kèm theo Quyết định số: 89/QĐ-TCNCC ngày 15 tháng 8 năm 2024 của
Hiệu trưởng trường Trung Cấp Nghề Cử Chi*

TP. HỒ CHÍ MINH, năm 2024

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Cùng với công cuộc công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước, ngành kỹ thuật lạnh đang phát triển mạnh mẽ ở Việt Nam. Nền kinh tế phát triển làm cuộc sống ngày càng tốt hơn. Các nhà máy và thiết bị lạnh công nghiệp phục vụ cho tất cả các ngành của xã hội, đặc biệt là ngành đông lạnh thực phẩm đang phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây.

Để đáp ứng cho nhu cầu của xã hội, việc đào tạo và phát triển đội ngũ cán bộ khoa học kỹ thuật và công nhân lành nghề nói chung và ngành điện lạnh nói riêng đang là nhiệm vụ cần thiết.

Trường Trung Cấp Nghề Củ Chi với nhiệm vụ đào tạo các thợ lành nghề ở nhiều lĩnh vực, hàng năm cũng đã góp phần đào tạo ra nhiều công nhân lành nghề cho xã hội, trong đó có nghề sửa chữa điện lạnh.

Với mục đích nâng cao chất lượng đào tạo trong nhà trường và chuẩn hóa giáo trình giảng dạy. Tác giả được phân công biên soạn giáo trình Cơ sở kỹ thuật lạnh, giảng dạy cho hệ Trung Cấp Nghề.

Kết cấu giáo trình được chia thành 3 chương, các chương được sắp xếp theo thứ tự từ cơ bản đến nâng cao, nội dung của mỗi bài bao quát một vấn đề hoặc một phần trong hệ thống lạnh và điều hòa không khí. Giáo trình được tập trung trình bày cô đọng về lý thuyết, và tập trung chủ yếu các thiết bị chính, các thiết bị cơ bản của kỹ thuật lạnh và kỹ thuật điều hòa không khí, tập trung vào quá trình tính toán và điều chỉnh các thiết bị chuyên biệt của hệ thống điều hòa không khí .

Giáo trình là tài liệu lưu hành nội bộ của Bộ môn Điện lạnh, Trường Trung Cấp Nghề Củ Chi, dùng để giảng dạy cho hệ trung cấp nghề.

Mặc dù tác giả đã cố gắng, nhưng do chủ quan, giáo trình chắc chắn sẽ không tránh khỏi nhiều sai sót. Tác giả mong nhận được các ý kiến đóng góp của các đồng nghiệp và độc giả để giáo trình ngày càng hoàn thiện hơn.

Các ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn Điện lạnh, Trường TCN Củ Chi.

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày ... tháng ... năm 2024.
Tham gia biên soạn

NỘI DUNG TỔNG QUÁT VÀ PHÂN BỐ THỜI GIAN:

Số TT	Tên chương, mục	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập	Kiểm tra
1	Chương 1. Cơ sở nhiệt động kỹ thuật và truyền nhiệt 1. Nhiệt động kỹ thuật 2. Truyền nhiệt	15	10 5 5	5 3 2	
2	Chương 2. Cơ sở kỹ thuật lạnh 1. Khái niệm chung 2. Môi chất lạnh và chất tải lạnh 3. Các hệ thống lạnh dân dụng 4. Máy nén lạnh 5. Các thiết bị khác của hệ thống lạnh. Kiểm tra	15	9 1 2 2 2	5 3 2	1 1
3	Chương 3: Cơ sở kỹ thuật điều hoà không khí 1. Không khí ẩm 2. Khái niệm về điều hoà không khí 3. Hệ thống vận chuyển và phân phối không khí. 4. Các phần tử khác của hệ thống điều hoà không khí Kiểm tra	15	9 2 2 2 3	5 3 2	1 1
	Cộng	45	28	15	2

MỤC LỤC

LỜI GIỚI THIỆU

MỤC LỤC

Giới thiệu Giáo trình

Nội dung giáo trình

Chương 1: CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT ĐỘNG VÀ TRUYỀN NHIỆT

1. Nhiệt động kỹ thuật	8
1.1. Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới	8
1.2. Hơi và các thông số trạng thái của hơi	13
1.3. Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi	15
1.4. Chu trình nhiệt động của máy lạnh và bơm nhiệt	18
2. Truyền nhiệt.....	22
2.1. Dẫn nhiệt.....	22
2.2. Trao đổi nhiệt đối lưu	28
2.3. Trao đổi nhiệt bức xạ.....	29
2.4. Truyền nhiệt và thiết bị trao đổi nhiệt	29
3. Câu hỏi ôn tập.....	32

Chương 2: CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH

1. Khái niệm chung.....	33
1.1. Ý nghĩa của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật.....	33
1.2. Các phương pháp làm lạnh nhân tạo	33
2. Môi chất lạnh và chất tải lạnh.....	33
2.1. Các môi chất lạnh thường dùng trong kỹ thuật lạnh	33
2.2. Chất tải lạnh.....	35
2.3. Bài tập về môi chất lạnh và chất tải lạnh.....	37
3. Các hệ thống lạnh thông dụng	38
3.1. Hệ thống lạnh với một cấp nén.....	38
3.2. Các sơ đồ khác.....	40
3.3. Bài tập.....	43
4. Máy nén lạnh	43
4.1. Khái niệm	43
4.2. Máy nén pittông.....	44
4.3. Giới thiệu một số chủng loại máy nén khác	45
5. Các thiết bị khác của hệ thống lạnh.....	45
5.1. Các thiết bị trao đổi nhiệt chủ yếu.....	45
5.2. Thiết bị tiết lưu (giảm áp).....	46
5.3. Thiết bị phụ, dụng cụ và đường ống của hệ thống lạnh	47

6. Câu hỏi ôn tập.....	49
Chương 3: CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ	
1. Không khí ẩm	50
1.1. Thành phần và các thông số trạng thái của không khí ẩm	50
1.2. Đồ thị I - d của không khí ẩm.....	51
1.3. Một số quá trình của không khí ẩm khi ĐHKK	52
1.4. Bài tập về sử dụng đồ thị.....	54
2. Khái niệm về điều hòa không khí.....	54
2.1. Khái niệm về thông gió và ĐHKK.....	54
2.2. Bài tập về tính toán tải lạnh đơn giản.....	55
2.3. Các hệ thống ĐHKK	56
2.4. Các phương pháp và thiết bị xử lý không khí	56
3. Hệ thống vận chuyển và phân phối không khí	58
3.1. Trao đổi không khí trong phòng.....	58
3.2. Quạt gió	60
4. Các phần tử khác của hệ thống ĐHKK	61
4.1. Khâu tự động điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm trong phòng	61
4.2. Lọc bụi và tiêu âm trong ĐHKK	61
4.3. Cung cấp nước cho ĐHKK	65
5. Câu hỏi ôn tập.....	68
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	69

CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC

Tên môn học: CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH

Mã môn học: MH 10

Thời gian thực hiện môn học: 45 giờ; (*Lý thuyết: 28 giờ; Thực hành, thí nghiệm, thảo luận, bài tập: 15 giờ; Kiểm tra: 2 giờ*)

I. Vị trí, tính chất của môn học:

- Vị trí:

+ Môn học này được bố trí sau khi học xong môn học An toàn lao động điện lạnh và vệ sinh công nghiệp, Vẽ kỹ thuật, Cơ kỹ thuật và học trước các môn học, môn học chuyên môn khác. Về năng lực tự chủ và trách nhiệm

+ Là môn học cơ sở kỹ thuật chuyên ngành, chuẩn bị các kiến thức cần thiết cho các phần học kỹ thuật chuyên môn tiếp theo;

- Tính chất: Là môn học kỹ thuật cơ sở, thuộc các môn học đào tạo nghề bắt buộc.

II. Mục tiêu môn học

Sau khi học xong môn học này, người học có năng lực:

- Về kiến thức:

+ Trình bày được khái niệm, tính chất và so sánh được các chất môi giới trong hệ thống máy lạnh và ĐHKK.

+ Trình bày được cấu tạo và nguyên lý hoạt động của máy lạnh, cấu trúc cơ bản của hệ thống máy lạnh và ĐHKK.

- Về kỹ năng:

+ Tra bảng các thông số trạng thái của môi chất, sử dụng được đồ thị.

+ Tính toán, chuyển đổi qua lại các đơn vị đo có liên quan và giải được một số bài tập đơn giản.

- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:

+ Rèn luyện khả năng tư duy logic của học sinh, sinh viên.

+ Có khả năng ứng dụng trong thực tế; vận dụng để tiếp thu các kiến thức chuyên ngành.

Chương 1: CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT ĐỘNG VÀ TRUYỀN NHIỆT

Giới thiệu:

Chương này cung cấp cho người học kiến thức về chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới, các thông số trạng thái của hơi, các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi, các chu trình nhiệt động cơ bản của máy lạnh và bơm nhiệt. Bên cạnh đó, chương này còn cung cấp các khái niệm cơ bản và phương pháp tính toán của bộ môn truyền nhiệt như dẫn nhiệt, trao đổi nhiệt đối lưu, trao đổi nhiệt bức xạ và tính toán nhiệt lượng cho thiết bị trao đổi nhiệt.

Mục tiêu:

- Trang bị cho học sinh các kiến thức chung nhất về kỹ thuật Nhiệt – Lạnh.
- Tính toán, giải thích các quá trình, nguyên lý làm việc của máy lạnh và các quy luật truyền nhiệt nói chung.
- Rèn luyện tính tập trung, tỉ mỉ, tư duy logic, ứng dụng thực tiễn sản xuất áp dụng vào môn học cho HS SV.

1. Nhiệt động kỹ thuật

1.1. Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới

1.1.1. Các khái niệm và định nghĩa:

- Chất môi giới là chất trung gian thực hiện các chuyển hóa về năng lượng, chất môi giới ta thường gặp ở dạng khí hoặc hơi.
- Trong nhiệt động kỹ thuật, ta có thể xem O_2 , N_2 , H_2 , hơi nước... trong không khí là *khí lý tưởng*.
- Còn hơi nước trong thiết bị động lực hơi nước, Freon (R12, R22, R134a, R410A,...), Amôniac (NH_3),... dùng trong máy lạnh không được xem là khí lý tưởng mà được xem là khí thực.

1.1.2. Chất môi giới và các thông số trạng thái của chất môi giới

+ Trạng thái chất môi giới :

- Trạng thái chất môi giới là các đại lượng vật lý xác định tính chất của môi chất.

+ Thông số trạng thái:

- Thông số trạng thái là các thông số dùng để xác định tính chất của chất môi giới.
- Các thông số trạng thái cơ bản của chất môi giới:
 - + Nhiệt độ. (T)
 - + Áp suất. (p)
 - + Thể tích riêng. (v)
 - + Nội năng. (u)
 - + Enthalpy. (h) (đọc: En-tan-py) Entanpy
 - + Entropy. (s) (đọc: En-trô-py)

❖ Tóm tắt :

- Chất môi giới là chất trung gian thực hiện các chuyển hóa về năng lượng.
- Các thông số trạng thái cơ bản của chất môi giới: T, p, v, u, h (i), s.

a) Thông số nhiệt độ: T

- Định nghĩa: Nhiệt độ là thông số biểu thị trạng thái nóng hay lạnh của vật thể.
- Các thang đo nhiệt độ: °C, °K, °F, °R. (°C, K, °F, °R)
 - + Thang đo nhiệt độ bách phân (Celsius): °C.
 - + Thang đo nhiệt độ tuyệt đối Kelvin (đọc: Ken-vin): °K, hay K
 - + Thang đo nhiệt độ Farentheit (đọc: Fa-rent): °F.
 - + Thang đo nhiệt độ Rankin: °R.



Hình 1: Các loại nhiệt kế.

- Định nghĩa các loại thang đo nhiệt độ:
 - + Thang đo nhiệt độ bách phân °C (Celsius): lấy nhiệt độ của nước làm chuẩn, chia vạch thang đo làm 100 vạch, mỗi vạch ứng với 1 độ C. (1°C)
 - Nhiệt độ đóng băng của nước: 0°C
 - Nhiệt độ sôi của nước: 100°C
 - + Thang đo nhiệt độ tuyệt đối °K (Kelvin): 0°K tương đương - 273°C.
Nhiệt độ - 273°C là nhiệt độ thấp nhất của trạng thái vật chất mà trong đó các phân tử ngừng chuyển động.

$$T = t_c + 273$$

Vậy: ta có: $T = t_c + 273$

$$0^\circ\text{K} = t_c + 273 \Rightarrow t_c = 0^\circ\text{K} - 273 = -273^\circ\text{C}$$

- + Thang đo nhiệt độ Farentheit (°F): liên quan với nhiệt độ °C theo công thức sau: (0°F – 180°F)

$$t_F = 1,8 \times t_c + 32$$

Vậy: ta có: $t_F = 1,8 \times t_c + 32$

$$t = 0^\circ\text{C} \Rightarrow t_F = 1,8 \times 0 + 32 = 0 + 32 = 32^\circ\text{F} \Rightarrow t_F = 32^\circ\text{F}$$

$$0^\circ\text{F} = 1,8 \times t_c + 32 \Rightarrow t_c = (0^\circ\text{F} - 32)/1,8 = -17,78^\circ\text{C} \Rightarrow \text{khoảng } -17,8^\circ\text{C}.$$

+ Thang đo nhiệt độ Rankin ($^{\circ}\text{R}$): liên quan với nhiệt độ $^{\circ}\text{K}$ theo công thức sau:

$$t_R = 1,8 \times T = 1,8 (t_C + 273)$$

Vậy: ta có: $t_R = 1,8 \times T = 1,8 (t_C + 273)$

$$t = 0^{\circ}\text{C} \Rightarrow t_R = 1,8 \times (0 + 273) = 1,8 \times 273 = 491,4^{\circ}\text{R}$$

$$0^{\circ}\text{R} = 1,8 \times T = 1,8 (t_C + 273) \Rightarrow t_C = (0 - 1,8 \times 273) / 1,8 = -273^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{K}$$

Bài tập ví dụ:

$$T = t_C + 273$$

$$t_F = 1,8 \times t_C + 32$$

Đổi 0°C , 30°C , 50°C , 70°C , 100°C , 120°C , 150°C ra $^{\circ}\text{K}$ và $^{\circ}\text{F}$.

b) Thông số áp suất: p (N/m²)

- Định nghĩa : Áp suất là áp lực tác dụng vuông góc lên một đơn vị diện tích thành bình chứa.

$$p = \frac{F}{S}$$

, với:

p: áp suất tuyệt đối, N/m²

F: lực tác dụng, N

S: diện tích thành bình, m²

- Các đơn vị đo áp suất: N/m², Pa, at, atm, bar, mmHg, mmH₂O.

- Quan hệ giữa các đơn vị đo áp suất trong kỹ thuật lạnh: N/m², Pa, at, atm, bar, mmHg, mmH₂O, PSI:

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa} ; 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ at} = 735,5 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ at} = 0,981 \text{ bar}$$

$$1 \text{ at} = 14,7 \text{ PSI}$$

$$1 \text{ bar} = 1,013 \text{ at}$$

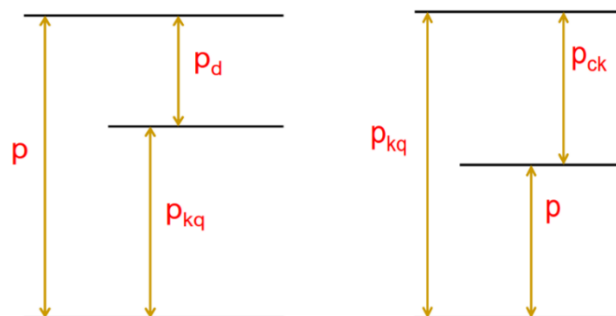
- Các loại áp suất trong kỹ thuật lạnh:

+ Áp suất khí quyển (áp suất khí trời), ký hiệu: P

+ Áp suất tuyệt đối, ký hiệu: p_{tđ}

+ Áp suất chân không, ký hiệu: p_{ck}

+ Áp suất dư, ký hiệu: p_d



Hình 2: Quan hệ giữa các loại áp suất trong kỹ thuật lạnh.

- Quan hệ giữa các loại áp suất trong kỹ thuật lạnh:

$$p_{td} = P + p_d$$

$$p_{td} = P - p_{ck}$$

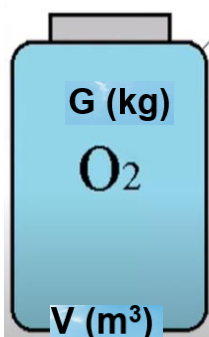
$$p_{ck} = -p_d$$



Hình 3: Các loại đồng hồ đo áp suất của kỹ thuật lạnh.

c) Thông số Thể tích riêng: v (m^3/kg)

- Định nghĩa Thể tích riêng: Thể tích riêng là thể tích của một đơn vị khối lượng.



- Công thức tính Thể tích riêng:

$$v = \frac{V}{G}$$

, với:

v : thể tích riêng (m^3/kg)

V : Thể tích bình chứa (m^3)

G : Khối lượng khí trong bình chứa (kg)

- Khối lượng riêng: là khối lượng trên một đơn vị thể tích.

$$\rho = \frac{1}{v}$$

, với:

ρ : khối lượng riêng (kg/m^3)

d) Thông số Nội năng: u (J/kg) ; U (J ; kJ)

- Định nghĩa Nội năng: Nội năng là toàn bộ năng lượng bên trong của 1 hệ vật.

- Nội năng bao gồm: Nội nhiệt năng (do chuyển động của các phân tử và nguyên tử) và các dạng năng lượng khác (hóa năng, năng lượng nguyên tử...).
- Trong nhiệt động kỹ thuật, Nội năng chính là Nội nhiệt năng.
- Nội nhiệt năng bao gồm Nội động năng và Nội thế năng.

Ký hiệu: u (J/kg) ; U (J; kJ) (J: Joule – đọc là Jun).

- Nội năng: là toàn bộ năng lượng bên trong của 1 hệ vật.
- Công thức: $\Delta U = A + Q$, với:
 - A: Công (J)
 - Q: Nhiệt lượng (J)
- Đơn vị đo: J/kg; kJ/kg; J; kJ.

e) **Thông số Enthalpy: h (J/kg) ; H (J; kJ)**

- Enthalpy: Enthalpy là hàm phụ thuộc 2 trong 3 thông số trạng thái cơ bản (p, v, T).
- Đơn vị đo: J/kg; kJ/kg; J; kJ.
- Trong nhiệt động kỹ thuật, Enthalpy được xác định theo công thức sau:

$$h = u + pv$$

- Nếu ta đặt $pv = d$ thì d chính là năng lượng đẩy hay thế năng phân tử.

$$\Rightarrow h = u + d$$

g) **Thông số Entropy: s (J/kg.độ) ; S (J/kg; kJ/kg)**

- Entropy là đại lượng vật lý hay thông số trạng thái mà sự thay đổi của nó chứng tỏ có sự trao đổi về nhiệt
- Phương trình vi phân Entropy được xác định như sau:

$$ds = \frac{dq}{T}$$

, với:

s : Entropy (J/kg.độ)

q : nhiệt lượng trao đổi giữa chất môi giới và môi trường (J/kg)

T : độ biến thiên nhiệt độ.

- Entropy là đại lượng vật lý hay thông số trạng thái mà sự thay đổi của nó chứng tỏ có sự trao đổi về nhiệt.
- Trong nhiệt động kỹ thuật, Entropy được xác định theo công thức sau:

$$q = s \cdot \Delta T = s \cdot (T_2 - T_1)$$

1.1.3. Nhiệt dung riêng và tính nhiệt lượng theo nhiệt dung riêng:

+ Định nghĩa:

- Nhiệt dung riêng của một chất là nhiệt lượng cần phải cung cấp cho một đơn vị đo lường chất đó để nhiệt độ của nó tăng lên một độ C trong quá trình truyền nhiệt.

- Ký hiệu nhiệt dung riêng: c .

- Đơn vị đo nhiệt dung riêng: J/kg.K.

+ Tính nhiệt lượng theo nhiệt dung riêng:

$$Q = G \cdot c \cdot \Delta T = G \cdot c (t_2 - t_1)$$

Giải thích:

$$Q = G \cdot c \cdot \Delta T, \text{ trong đó:}$$

$$Q = G \cdot c \cdot [(t_2 + 273) - (t_1 + 273)]$$

$$Q = G \cdot c \cdot [(t_2 - t_1) + (273 - 273)]$$

$$Q = G \cdot c (t_2 - t_1)$$

Với:

- Q: nhiệt lượng, J (kJ). ($Q > 0$ hoặc $Q < 0$)

- G: khối lượng, kg.

- c: Nhiệt dung riêng, J/kg.K.

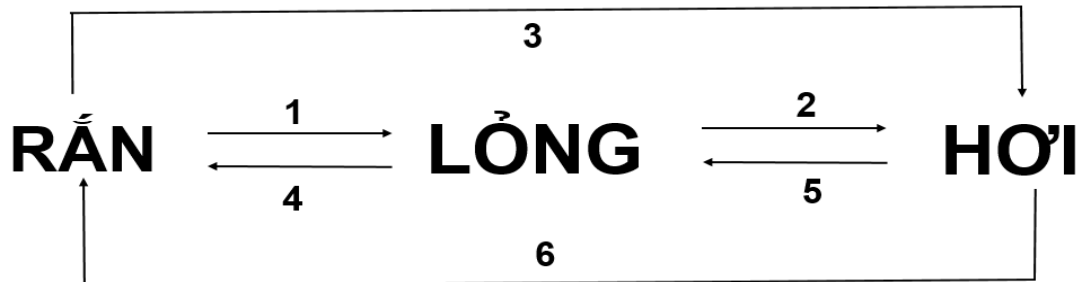
- Δt : độ biến thiên nhiệt độ (tăng hoặc giảm nhiệt độ) của vật thể.

1.2. Hơi và các thông số trạng thái của hơi

1.2.1. Các thể (pha) của vật chất:

- Các dạng tồn tại của vật chất trong tự nhiên: 3 thể (pha): RẮN – LỎNG – HƠI

1.2.2. Các quá trình cơ bản của vật chất:



Đây là 6 quá trình cơ bản của vật chất.

1/ Quá trình chuyển từ pha RẮN sang pha LỎNG: quá trình NÓNG CHẢY.

2/ Quá trình chuyển từ pha LỎNG sang pha HƠI: quá trình BAY HƠI. (hóa hơi, bốc hơi)

3/ Quá trình chuyển từ pha RẮN sang pha HƠI: quá trình THĂNG HOA.

4/ Quá trình chuyển từ pha LỎNG sang pha RẮN: quá trình ĐÔNG ĐẶC.

5/ Quá trình chuyển từ pha HƠI sang pha LỎNG: quá trình NGỪNG TỤ.

6/ Quá trình chuyển từ pha HƠI sang pha RẮN: quá trình NGỪNG KẾT.

+ LƯU Ý:

- Các quá trình Nóng chảy, Bay hơi, Thăng hoa đều là quá trình NHẬN NHIỆT (THU NHIỆT)

- Các quá trình Đông đặc, Ngưng tụ, Ngưng kết đều là quá trình THẢI NHIỆT (NHẢ NHIỆT)

1.2.3. Quá trình hóa hơi đẳng áp:

- Quá trình đẳng áp là quá trình áp suất môi chất không thay đổi.

$$P = \text{const.}$$

+ Các quá trình đẳng áp:

- Quá trình hóa hơi là quá trình chuyển pha từ lỏng sang hơi. Hóa hơi có thể được thực hiện bằng cách bay hơi hoặc sôi.

- Quá trình bay hơi là quá trình hóa hơi chỉ diễn ra trên bề mặt thoáng của chất lỏng. Cường độ bay hơi phụ thuộc vào bản chất của chất lỏng, áp suất và nhiệt độ.

- Quá trình sôi là quá trình hóa hơi diễn ra trong toàn bộ thể tích chất lỏng. Sự sôi chỉ diễn ra ở một nhiệt độ xác định gọi là *nhiệt độ sôi* hay *nhiệt độ bão hòa* (t_s). Nhiệt độ sôi phụ thuộc vào bản chất của chất lỏng và áp suất. Ở áp suất khí quyển, nhiệt độ sôi của nước bằng 100°C .

Vì hơi nước không phải là khí lý tưởng nên không thể dùng các công thức có liên quan đến khí lý tưởng để tính toán.

+ Để xác định thông số trạng thái ta cần dựa vào đặc điểm của trạng thái và sử dụng bảng hay đồ thị hơi nước.

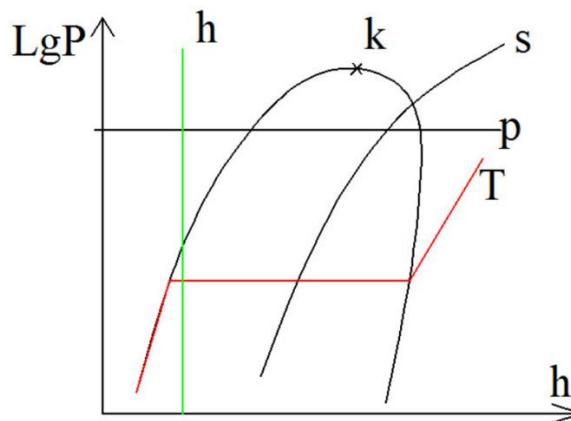
+ Để khảo sát quá trình, ta dựa vào tính chất của quá trình như quá trình đẳng tích, quá trình đẳng áp.

+ Khi tính các thừa số năng lượng, cần sử dụng định luật nhiệt động 1 và 2. Khi tính nhiệt, cần lưu ý thêm là công thức $Q = G \cdot C \cdot \Delta t$ không sử dụng được trong rất nhiều trường hợp.

+ Nên sử dụng thêm các đồ thị trạng thái để việc khảo sát được trực quan và dễ dàng hơn.

1.2.4. Các xác định các thông số của hơi bằng bảng và đồ thị lgp-h:

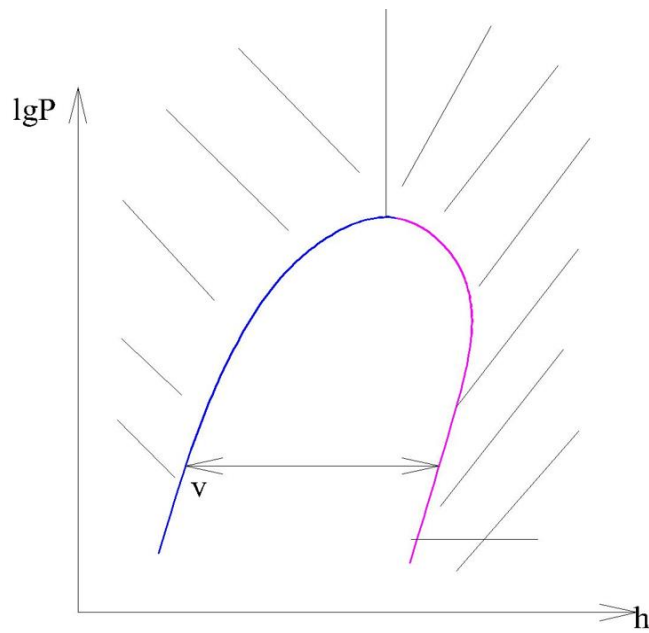
+ Đồ thị lgp-h:



Hình 4: Đồ thị lgp-h.

Các lưu ý với đồ thị lgp-h:

- K : điểm tới hạn
 - đường entanpy h: vuông góc với trục hoành.
 - đường áp suất p: vuông góc với trục tung.
 - đường entropy s: dạng đường cong như hình vẽ.
 - đường nhiệt độ T($^{\circ}\text{K}$): như hình vẽ
- Các vùng trạng thái cơ bản cụ thể như sau:



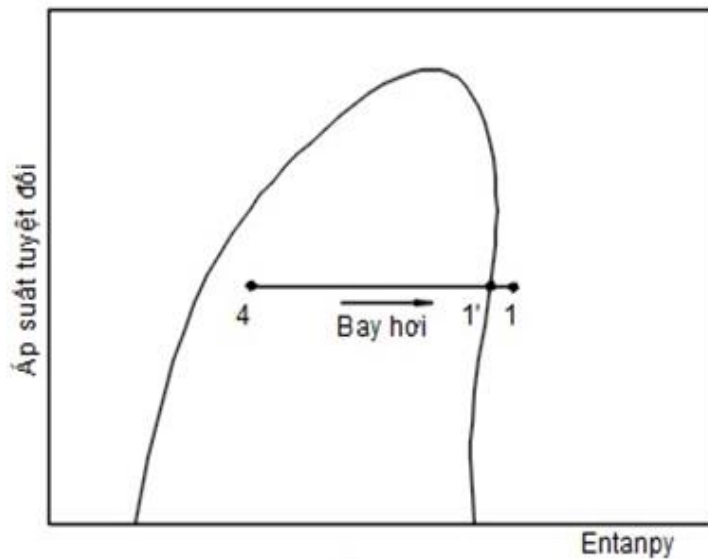
Hình 5: Các vùng trạng thái cơ bản đồ thị $\lg p-h$.

1.3. Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi

1.3.1. Các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi trên đồ thị $\lg p-h$:

Gồm có 4 quá trình:

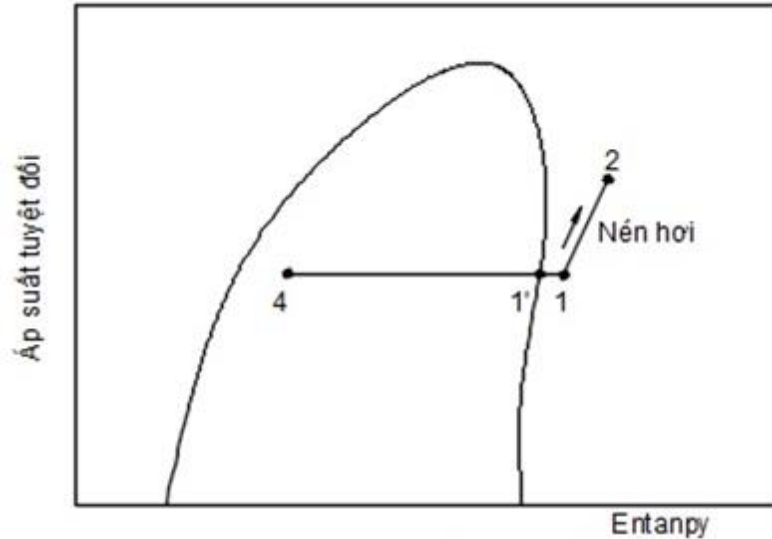
+ Quá trình bay hơi:



Hình 6: Quá trình bay hơi.

Để làm lạnh phòng, ga lạnh phải bay hơi ở áp suất thấp và nhiệt độ thấp. Điểm 4 là trạng thái ga lạnh sau tiết lưu. Quá trình 4 – 1' là quá trình bay hơi trong dàn bay hơi còn quá trình 1' – 1 là quá trình quá nhiệt ở cuối dàn ống bay hơi và trên đường ống hút về máy nén.

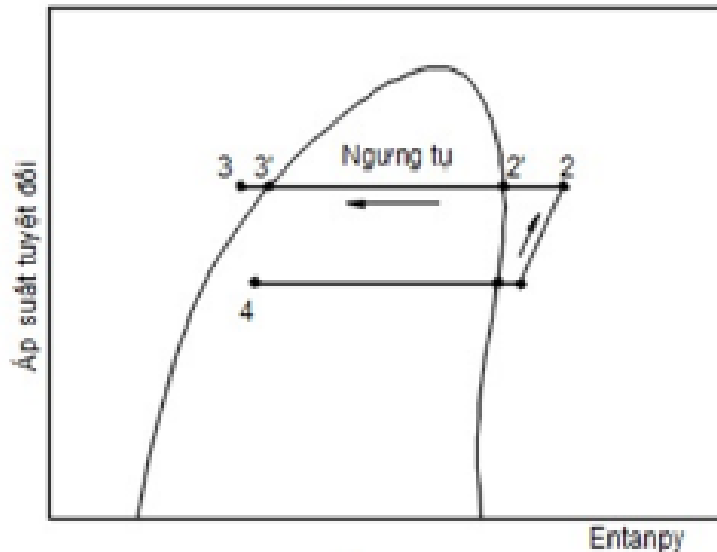
+ Quá trình nén hơi:



Hình 7: Quá trình nén hơi.

Hơi ở trạng thái 1 được hút vào máy nén và được nén lên trạng thái 2. Quá trình nén có đặc điểm là entropy không đổi ($s = \text{const}$). Máy nén phải tiêu thụ một công cơ học (công ký hiệu là l).

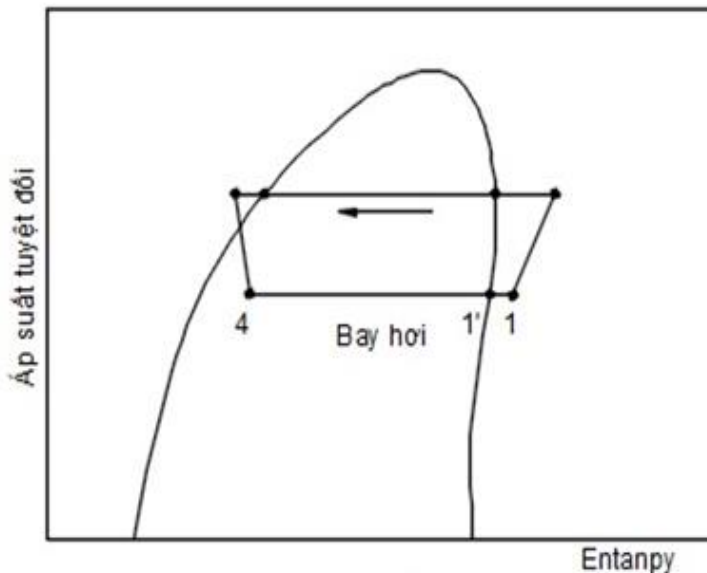
+ Quá trình ngưng tụ:



Hình 8: Quá trình ngưng tụ.

Quá trình diễn ra ở thiết bị ngưng tụ gồm hai phần riêng biệt. Quá trình 2 – 2' là quá trình làm mát hơi quá nhiệt 2 xuống thành hơi bão hòa 2'. Quá trình 2' – 3' là quá trình ngưng tụ môi chất từ dạng hơi thành dạng lỏng ở áp suất cao và nhiệt độ cao. Quá trình 3' – 3 là quá trình làm lạnh lỏng xuống dưới nhiệt độ ngưng tụ.

+ Quá trình tiết lưu:



Hình 9: Quá trình tiết lưu.

Ga lạnh lỏng ở trạng thái 3 có áp suất cao, nhiệt độ cao được tiết lưu đột ngột xuống áp suất thấp và được đưa vào thiết bị bay hơi. Nhiệt độ cũng được hạ xuống sau tiết lưu. Quá trình tiết lưu có đặc điểm là entanpy không đổi ($h_3 = h_4$) nên đường 3 – 4 vuông góc với trục hoành.

1.3.2. Quá trình lưu động và quá trình tiết lưu

+ Quá trình lưu động:

Trong động cơ có dòng khí hoặc hơi chuyển động tương đối lớn, sự chuyển động này gọi là quá trình lưu động.

Tốc độ tăng thì áp suất giảm và ngược lại.

+ Quá trình lưu động:

- Các quá trình lưu động:

+ Lưu động 1 chiều: lưu động trong đó các thông số trạng thái không đổi theo tiết diện ngang, chỉ thay đổi theo chiều chuyển động.

+ Lưu động ổn định: lưu động khi các thông số trạng thái không đổi theo thời gian.

+ Lưu động liên tục: lưu động trong đó các thông số trạng thái thay đổi 1 cách liên tục không bị ngắt quãng hay đột biến.

+ Tốc độ âm thanh và số Mach:

- Tốc độ âm thanh:

+ Khi khảo sát quá trình lưu động, người ta thường dùng đến tốc độ truyền âm ra, cũng tức là tốc độ lan truyền của những chấn động nhỏ trong môi trường.

Ký hiệu: a

+ Với khí lý tưởng: $a = \sqrt{kRT}$

+ Tốc độ âm thanh và số Mach:

- Số Mach:

+ Khi khảo sát sự chuyển động của dòng môi chất, người ta thường dùng một đại lượng khác, là số Mach.

- Ký hiệu: M

- Công thức:

$$M = \frac{\omega}{a}$$

+ Nếu $M < 1$: dòng dưới âm

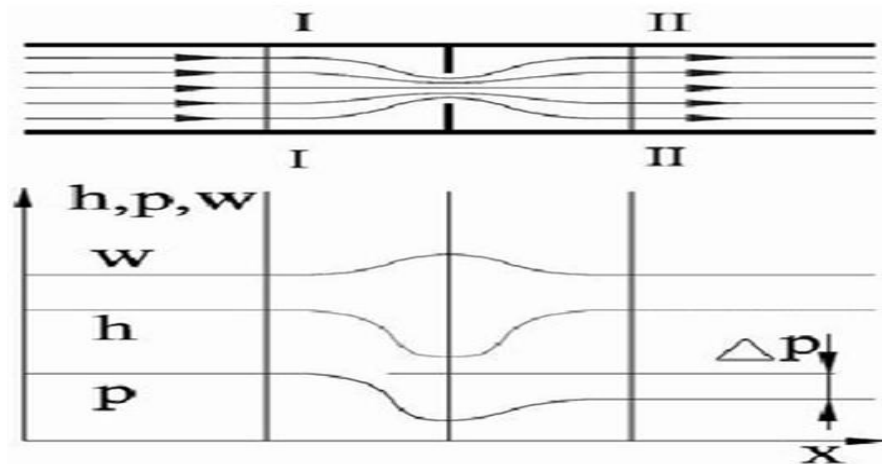
+ Nếu $M > 1$: dòng siêu âm

+ Nếu $M = 1$: dòng bằng âm

+ Quá trình tiết lưu:

- Quá trình tiết lưu là quá trình đoạn nhiệt.

- Quá trình tiết lưu được thể hiện qua hình vẽ sau:



Hình 10: Quá trình tiết lưu đoạn nhiệt.

1.4. Chu trình nhiệt động của máy lạnh và bơm nhiệt

1.4.1. Khái niệm và định nghĩa chu trình nhiệt động:

- Khái niệm chu trình: Chu trình là quá trình khép kín.

- Khái niệm chu trình nhiệt động: là chu trình được sử dụng trong các quá trình nhiệt động.

Các chu trình nhiệt động của chất khí và chất lỏng được sử dụng rất nhiều trong kỹ thuật và đời sống hiện nay như:

+ Chu trình động cơ đốt trong.

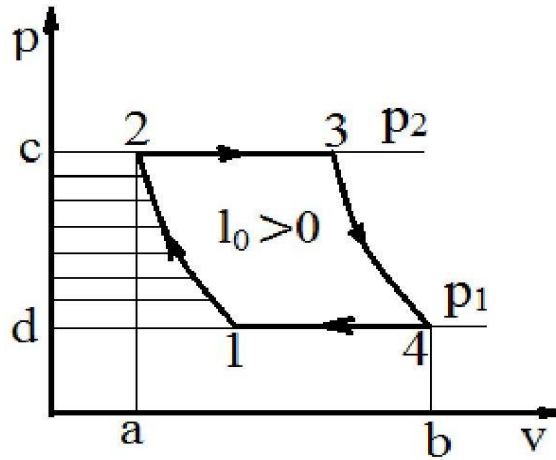
+ Chu trình động cơ tuabin khí.

+ Chu trình động cơ phản lực.

+ Chu trình của máy lạnh hoặc bơm nhiệt.

- Chu trình nhiệt động thuận chiều:

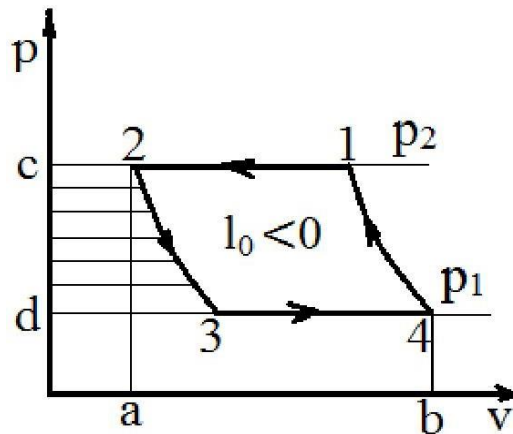
+ Chu trình tiến hành theo chiều kim đồng hồ (trên các đồ thị trạng thái) gọi là chu trình thuận chiều. Chu trình này biến nhiệt thành công, công sinh ra có dấu dương ($l_0 > 0$). Máy nhiệt làm việc theo chu trình này gọi là động cơ nhiệt.



Hình 11: Chu trình nhiệt động thuận chiều.

- Chu trình nhiệt động ngược chiều:

+ Chu trình làm việc theo chiều ngược chiều kim đồng hồ gọi là chu trình ngược chiều. Chu trình này tiêu tốn công hoặc năng lượng, do đó công đưa vào mang dấu âm ($l_0 < 0$). Máy nhiệt làm việc theo chu trình này gọi là máy lạnh (hoặc bơm nhiệt).



Hình 12: Chu trình nhiệt động ngược chiều.

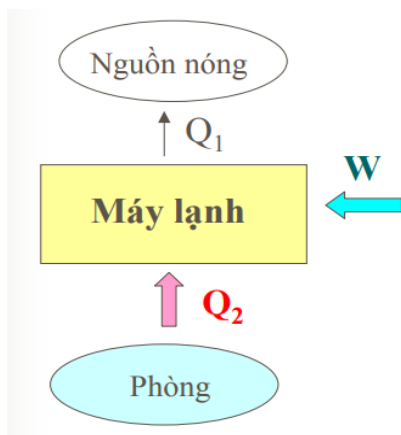
- Chu trình nhiệt động thuận nghịch:

+ Chu trình tiến hành gồm những quá trình thuận nghịch gọi là chu trình thuận nghịch. Nếu trong chu trình chỉ cần có một quá trình không thuận nghịch, chu trình đó sẽ là chu trình không thuận nghịch.

1.4.2. Chu trình nhiệt động máy lạnh và bơm nhiệt:

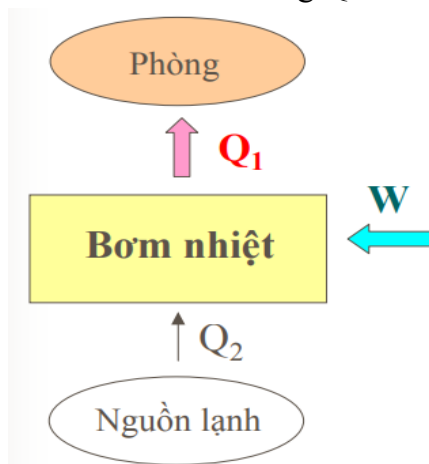
Chu trình của máy lạnh và bơm nhiệt là chu trình ngược chiều, trong đó thực hiện quá trình chuyển công thành nhiệt năng.

Trên các đồ thị trạng thái, đường biểu diễn của chu trình ngược chiều kim đồng hồ.
+ MÁY LẠNH: Mục đích chính là lấy đi nhiệt lượng Q_2 từ không gian cần làm lạnh.



Hình 13: Chu trình máy lạnh.

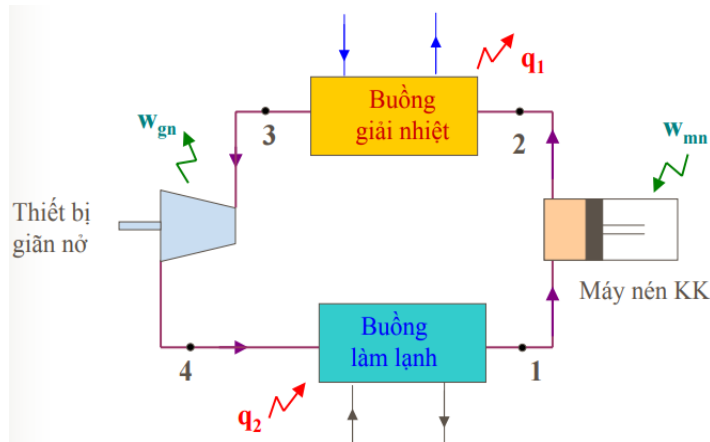
+ BƠM NHIỆT: Mục đích chính là đưa nhiệt lượng Q_1 vào không gian cần sưởi ấm.



Hình 14: Chu trình bơm nhiệt.

+ Chu trình máy lạnh không khí:

1) Sơ đồ nguyên lý:



Hình 15: Sơ đồ nguyên lý Chu trình máy lạnh không khí.

+ Các quá trình của chu trình máy lạnh không khí:

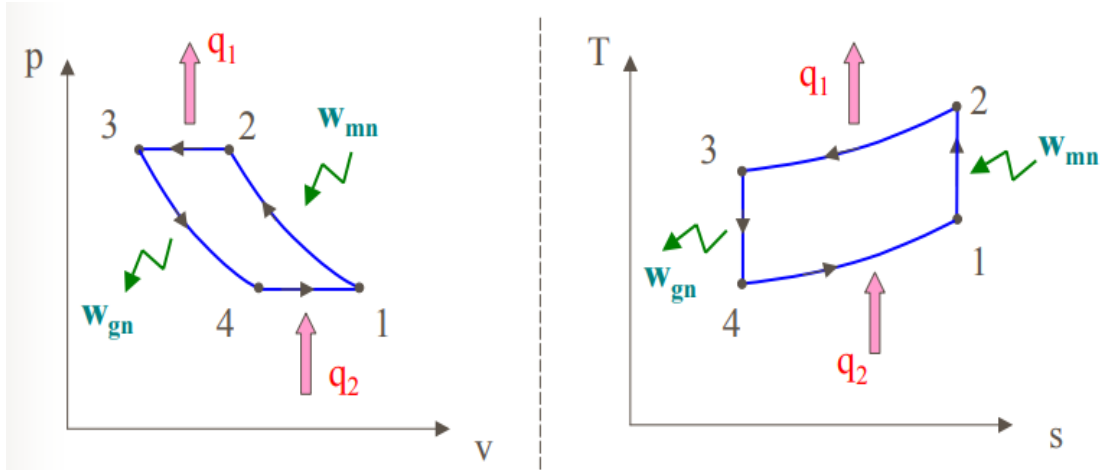
1 - 2: QT nén KK đoạn nhiệt.

2 - 3: QT KK thải nhiệt đẳng áp.

3 - 4: QT giãn nở KK đoạn nhiệt.

4 - 1: QT KK nhận nhiệt đẳng áp.

+ Tính toán chu trình lạnh dùng không khí:



Hình 16: Sơ đồ tính toán chu trình máy lạnh không khí.

+ Các bước tính toán chu trình lạnh dùng không khí:

- Công của máy nén cung cấp cho 1 kg không khí:

$$w_{mn} = l_{mn} = c_p (T_1 - T_2) \quad , \text{kJ/kg}$$

- Công do 1 kg không khí sinh ra tại Thiết bị giãn nở:

$$w_{gn} = l_{gn} = c_p (T_3 - T_4) \quad , \text{kJ/kg}$$

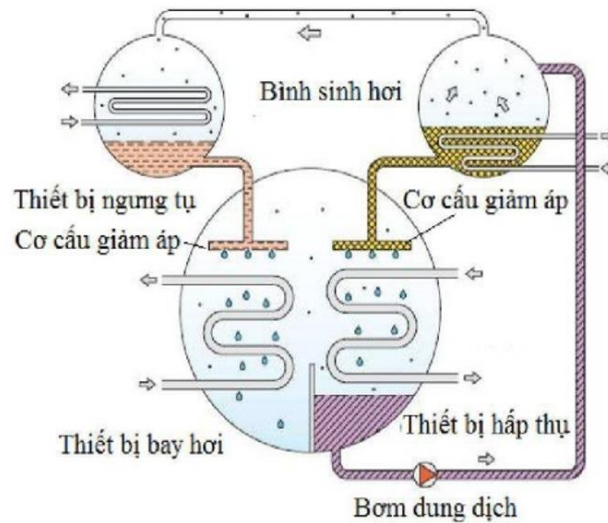
- Nhiệt lượng 1 kg không khí nhận vào tại buồng lạnh:

$$q_2 = c_p (T_1 - T_4) \quad , \text{kJ/kg}$$

- Nhiệt lượng 1 kg không khí thải ra tại buồng giải nhiệt:

$$q_3 = c_p (T_3 - T_2) \quad , \text{kJ/kg}$$

1.4.3. Chu trình máy lạnh hấp thụ:



Hình 17: Sơ đồ nguyên lý chu trình máy lạnh hấp thụ.

Môi chất được dùng trong máy lạnh hấp thụ là dung dịch của hai thành phần có nhiệt độ sôi khác nhau ở cùng một áp suất: thành phần sôi ở nhiệt độ thấp làm chức năng của môi chất lạnh, thành phần thứ hai sôi ở nhiệt độ cao hơn làm môi chất hấp thụ.

+ Với cặp môi chất $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$:

NH_3 : môi chất lạnh

H_2O : chất hấp thụ

+ Với cặp môi chất $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$:

H_2O : môi chất lạnh

LiBr : chất hấp thụ

2. Truyền nhiệt

2.1. Dẫn nhiệt

2.1.1. Các khái niệm và định nghĩa

- Khái niệm dẫn nhiệt:

Dẫn nhiệt là một trong 3 phương thức truyền nhiệt cơ bản. Dẫn nhiệt xảy ra bên trong vật thể hoặc giữa các vật thể tiếp xúc nhau khi có sự chênh lệch nhiệt độ giữa các phần đó.

Dẫn nhiệt xảy ra ở cả chất rắn, chất lỏng và cả chất khí.

Ví dụ cụ thể:

1/ Khi ta đốt nóng một đầu một thanh sắt, sau một thời gian, ta sờ vào thanh sắt, ta thấy tay ta nóng lên.

2/ Hoặc khi ta áp tay lên một vật đang nóng tay ta cũng nóng lên.

3/ Khi ta đốt nóng 1 thanh điện trở, sau thời gian ngắn khoảng 5 giây, ta sờ vào thanh điện trở, ta thấy tay ta nóng lên.

2.1.2. Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng và vách trụ

1) Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng:

Vách phẳng là vách có chiều dài, chiều rộng lớn hơn chiều dày rất nhiều, trong đó có một mặt vách được đốt nóng và mặt kia được làm nguội.

Ví dụ như 1 tấm thép hay 1 bức tường, vách phòng lạnh...

Cụ thể: ví dụ như cho vách phẳng: chiều dài 3 mét, chiều rộng 1,5 mét, chiều dày 250 mm

+ Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng 1 lớp :

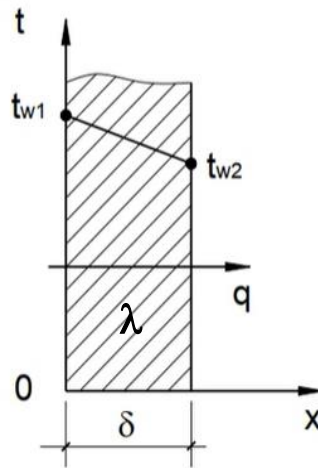
Vách phẳng 1 lớp đồng chất, có chiều dài a, chiều rộng b và các thông số sau:

t_{w1}, t_{w2} : nhiệt độ bề mặt vách

λ : hệ số dẫn nhiệt (λ : đọc: lăm - đạ)

δ : chiều dày vách phẳng (δ : đọc: đen - ta)

q: mật độ dòng nhiệt



Công thức tính dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng 1 lớp:

$$q = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{\delta}{\lambda}} \quad (\text{W/m}^2)$$

Với các thông số:

q : mật độ dòng nhiệt truyền qua vách

t_{w1}, t_{w2} : nhiệt độ bề mặt vách

δ : chiều dày vách phẳng

λ : hệ số dẫn nhiệt

BÀI TẬP VÍ DỤ:

Một vách lò hơi bằng thép dày 20 mm; hệ số dẫn nhiệt 58 W/m.K; nhiệt độ khí lò là 1000°C; nhiệt độ nước trong lò là 240°C.

Hãy tính mật độ dòng nhiệt q truyền qua vách.

Tóm tắt:

Ta có: $\delta = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$

$\lambda = 58 \text{ W/m.K}$

$t_{w1} = 1000^\circ\text{C}$

$t_{w2} = 240^\circ\text{C}$

Giải:

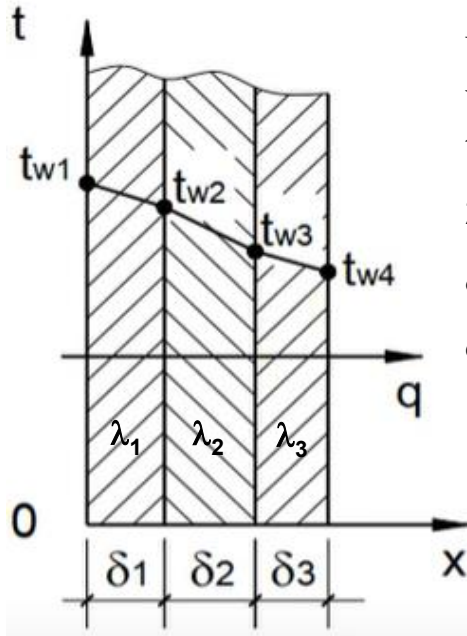
Mật độ dòng nhiệt truyền qua vách:

Áp dụng công thức:

$$q = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{\delta}{\lambda}} \quad (\text{W/m}^2)$$

$$\Rightarrow q = (1000 - 240) / (0,02/58) = 2.204.000 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

+ Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng 3 lớp :



Vách phẳng 3 lớp đồng chất, có chiều dài a, chiều rộng b và các thông số sau:

$t_{w1}, t_{w2}, t_{w3}, t_{w4}$: nhiệt độ bề mặt vách

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$: hệ số dẫn nhiệt

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$: chiều dày vách phẳng

q: mật độ dòng nhiệt

Công thức tính dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng 3 lớp:

$$q = \frac{t_{w1} - t_{w4}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \quad (\text{W/m}^2)$$

Với các thông số sau:

q: mật độ dòng nhiệt truyền qua vách

$t_{w1}, t_{w2}, t_{w3}, t_{w4}$: nhiệt độ bề mặt vách

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$: hệ số dẫn nhiệt

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$: chiều dày vách phẳng

BÀI TẬP VÍ DỤ:

Một tường lò hơi có lớp gạch chịu lửa dày 250 mm, hệ số dẫn nhiệt 0,35 W/m.K. Lớp kế tiếp là gạch đen dày 280 mm, hệ số dẫn nhiệt 0,55 W/m.K; lớp ngoài cùng là gạch đỏ dày 350 mm, hệ số dẫn nhiệt 0,65 W/m.K.

Nhiệt độ khói trong lò là 1300°C; nhiệt độ bên ngoài là 40°C.

Hãy tính mật độ dòng nhiệt truyền qua vách.

Tóm tắt: $\delta_1 = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$; $\lambda_1 = 0,35 \text{ W/m.K}$

$\delta_2 = 280 \text{ mm} = 0,28 \text{ m}$; $\lambda_2 = 0,55 \text{ W/m.K}$

$\delta_3 = 350 \text{ mm} = 0,35 \text{ m}$; $\lambda_3 = 0,65 \text{ W/m.K}$

$t_{w1} = 1300^\circ\text{C}$; $t_{w2} = 40^\circ\text{C}$.

Giải:

Mật độ dòng nhiệt truyền qua vách:

Áp dụng công thức:

$$q = \frac{t_{w1} - t_{w4}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \quad (\text{W/m}^2)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow q &= (1300 - 40) / [(0,25/0,35) + (0,28/0,55) + (0,35/0,65)] = \\ &= (1300 - 40) / (0,714 + 0,51 + 0,54) \\ \Rightarrow q &= 714,28 \quad (\text{W/m}^2) \end{aligned}$$

+ Dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng nhiều lớp : (n lớp)

Công thức tính dẫn nhiệt qua vách phẳng n lớp:

$$q = \frac{t_{w1} - t_{w(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (\text{W/m}^2)$$

Với các thông số sau:

q: mật độ dòng nhiệt

t_{wi} : nhiệt độ bề mặt vách thứ i

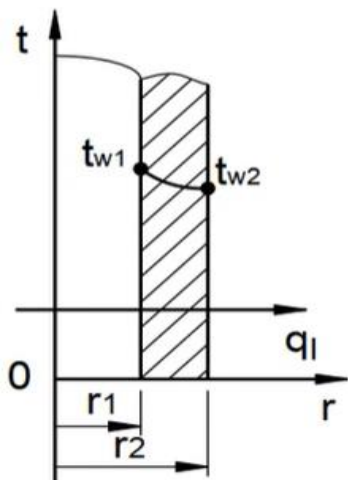
δ_i : chiều dày vách thứ i

λ_i : hệ số dẫn nhiệt thứ i

n: số vách.

2) Dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ:

+ Dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ 1 lớp :



Vách trụ 1 lớp đồng chất, đẳng hướng, có các thông số sau:

l: chiều dài vách trụ

r_1 : bán kính trong; d_1 : đường kính trong ($d = 2r$)

r_2 : bán kính ngoài; d_2 : đường kính ngoài

λ : hệ số dẫn nhiệt, $\lambda = \text{const}$

t_{w1} : nhiệt độ mặt trong; t_{w2} : nhiệt độ mặt ngoài

(thường thì ta có $t_{w1} > t_{w2}$)

+ Công thức tính dẫn nhiệt qua vách trụ 1 lớp:

$$q_l = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{2\pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{2\pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (\text{W/m})$$

BÀI TẬP VÍ DỤ:

Một ống dẫn nhiệt bằng thép có đường kính $d_1/d_2 = 140 \text{ mm}/150 \text{ mm}$; được phủ lớp cách nhiệt có hệ số dẫn nhiệt là $0,75 \text{ W/m.K}$.

Nhiệt độ hơi nóng truyền cho ống là 800°C ; nhiệt độ nước trong không khí là 20°C .

Hãy tính mật độ dòng nhiệt q truyền qua vách.

Tóm tắt:

$$d_1/d_2 = 140 \text{ mm}/150 \text{ mm} \Rightarrow d_1 = 140 \text{ mm} = 0,14\text{m}; d_2 = 150 \text{ mm} = 0,15\text{m}$$

$$\lambda = 0,75 \text{ W/m.K}$$

$$t_{w1} = 800^\circ\text{C}$$

$$t_{w2} = 20^\circ\text{C}$$

Giải:

Mật độ dòng nhiệt truyền qua vách:

Áp dụng công thức:

$$q_l = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{2\pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}} = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{2\pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}} \quad (\text{W/m})$$

$$\Rightarrow q = (800 - 20) / [(1/2\pi \cdot 0,75) \times \ln (0,15/0,14)] =$$

$$= [(800 - 20) \times 2\pi \cdot 0,75] / \ln (0,15/0,14) =$$

$$\Rightarrow q = 52.000 \text{ (W/m)}$$

+ Dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ 3 lớp :

Vách trụ 3 lớp đồng chất, đẳng hướng, có các thông số sau:

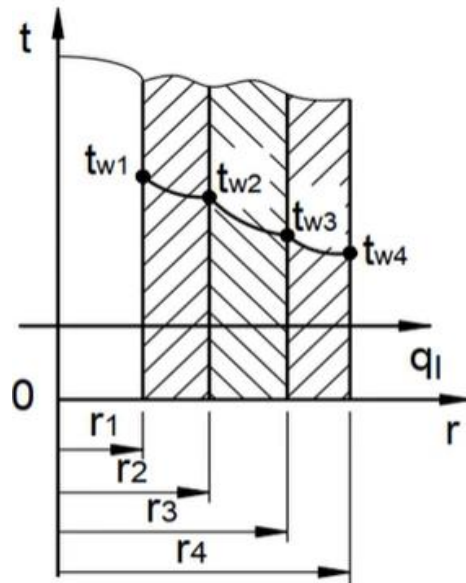
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$: hệ số dẫn nhiệt của từng lớp

r_1, r_2, r_3, r_4 : bán kính của các lớp

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$: chiều dày vách trụ

t_{w1} : nhiệt độ mặt trong; t_{w4} : nhiệt độ mặt ngoài (giả sử $t_{w1} > t_{w4}$)

t_{w2}, t_{w3} : nhiệt độ giữa các vách



+ Công thức tính dẫn nhiệt qua vách trụ 3 lớp:

$$q_l = \frac{t_{w_1} - t_{w_4}}{\frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{r_4}{r_3} \right)} \quad (\text{W/m})$$

BÀI TẬP VÍ DỤ:

Một ống dẫn nhiệt bằng thép có 3 lớp: lớp thứ trong cùng có bán kính $r_1 = 35\text{mm}$, lớp 1 có bán kính $r_2 = 50\text{mm}$, lớp thứ 2 có bán kính $r_3 = 65\text{mm}$, lớp thứ 3 có bán kính $r_4 = 80\text{mm}$; có các hệ số cách nhiệt lần lượt là $\lambda_1 = 0,35\text{ W/m.K}$, $\lambda_2 = 0,65\text{ W/m.K}$, $\lambda_3 = 0,75\text{ W/m.K}$.

Nhiệt độ bề mặt trong của ống là 175°C ; nhiệt độ bề mặt ngoài của ống là 45°C .

Hãy tính mật độ dòng nhiệt truyền qua vách.

Tóm tắt:

$r_1 = 35\text{ mm} = 0,035\text{ m}$; $r_2 = 50\text{ mm} = 0,05\text{ m}$; $r_3 = 65\text{ mm} = 0,065\text{ m}$; $r_4 = 80\text{ mm} = 0,08\text{ m}$

$\lambda_1 = 0,35\text{ W/m.K}$, $\lambda_2 = 0,65\text{ W/m.K}$, $\lambda_3 = 0,75\text{ W/m.K}$

$t_{w_1} = 175^\circ\text{C}$

$t_{w_4} = 45^\circ\text{C}$

Giải:

Mật độ dòng nhiệt truyền qua vách:

Áp dụng công thức:

$$q_l = \frac{t_{w_1} - t_{w_4}}{\frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{r_4}{r_3} \right)} \quad (\text{W/m})$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow q &= (175 - 45) / \{1/2\pi \cdot [(1/0,35) \times \ln(50/35) + (1/0,65) \times \ln(65/50) + \\ & (1/0,75) \times \ln(65/35)]\} \\ &= (175 - 45) / [1/2\pi \cdot (A + B + C)] \\ \Rightarrow q &= 36,817 \text{ (W/m)} \end{aligned}$$

+ Dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ nhiều lớp :

Công thức tính dẫn nhiệt qua vách trụ nhiều lớp:

$$q_l = \frac{t_{w1} - t_{w(n+1)}}{2 \cdot \pi \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (\text{W/m})$$

q_l - mật độ dòng nhiệt truyền qua 1m chiều dài, W/m ;

t_{wi} - nhiệt độ trên bề mặt vách thứ i , °K ;

r_i - bán kính vách thứ i , m;

d_i - đường kính vách thứ i , m;

λ_i - hệ số dẫn nhiệt vách thứ i , W/m.°K;

n - số lớp.

2.2. Trao đổi nhiệt đối lưu

2.2.1. Các khái niệm và định nghĩa

- Khái niệm trao đổi nhiệt đối lưu:

Trao đổi nhiệt đối lưu là quá trình trao đổi nhiệt nhờ sự chuyển động của chất lỏng hoặc chất khí giữa những vùng có nhiệt độ khác nhau.

Trao đổi nhiệt đối lưu bao gồm:

- + Trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên
- + Trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức.

2.2.2. Các nhân tố ảnh hưởng tới trao đổi nhiệt đối lưu

1) Nguyên nhân phát sinh chuyển động:

- Chuyển động tự nhiên: do sự chênh lệch giữa các phần tử nóng lạnh
- Chuyển động cưỡng bức: nhờ bơm, quạt, máy nén,...

2) Tính chất vật lý của chất lỏng: bao gồm

- Hệ số giãn nở nhiệt β .
- Độ nhớt động học μ .

3) Chế độ chuyển động:

- Chế độ chảy tầng.
- Chế độ chảy rối.

4) Hình dáng, kích thước bề mặt trao đổi nhiệt

2.3. Trao đổi nhiệt bức xạ

2.3.1. Các khái niệm và định nghĩa

- Khái niệm trao đổi nhiệt bức xạ:

Trao đổi nhiệt bức xạ là quá trình trao đổi nhiệt được thực hiện bằng sóng điện từ.

2.3.2. Dòng nhiệt trao đổi bằng bức xạ giữa các vật

- Quá trình dao động điện từ của các phân tử và nguyên tử sinh ra khả năng bức xạ năng lượng biến thành nhiệt năng.

- Một vật không chỉ có khả năng phát đi năng lượng bức xạ mà còn có khả năng hấp thụ năng lượng bức xạ.

- Cường độ trao đổi nhiệt bức xạ không chỉ phụ thuộc vào độ chênh lệch nhiệt độ mà còn phụ thuộc vào giá trị nhiệt độ tuyệt đối của các vật.

2.3.3. Bức xạ của mặt trời

- Năng lượng bức xạ của mặt trời (khoảng 5762°C) đến Trái Đất bị hấp thụ lớn khi đi qua các tầng Ozone (Ô-zôn), phần còn lại được truyền tới mặt đất thông qua các sóng điện từ (bước sóng ngắn)

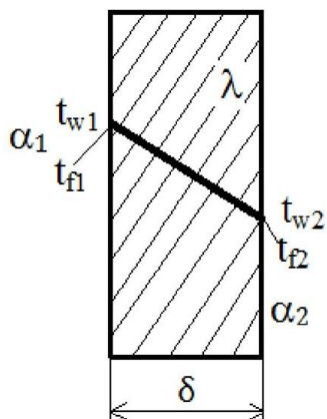
2.4. Truyền nhiệt và thiết bị trao đổi nhiệt

2.4.1. Truyền nhiệt tổng hợp

1) Truyền nhiệt qua vách phẳng

Đối với các vách phẳng một lớp, ta có:

- Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu làm vách là λ .
- Vách dày δ . (độ dày của vách là δ)
- Hệ số tỏa nhiệt từ môi trường tới bề mặt vách α_1 .
- Hệ số tỏa nhiệt từ bề mặt vách tới môi trường là α_2
- Bề mặt tiếp xúc với môi trường nóng có nhiệt độ t_{f1} .
- Bề mặt tiếp xúc với môi trường lạnh có nhiệt độ t_{f2} .
- Gọi t_{w1} là nhiệt độ mặt tiếp xúc với môi trường nóng.
 t_{w2} nhiệt độ bề mặt vách tiếp xúc với môi trường lạnh.



Đối với các vách phẳng một lớp, ta có công thức tính:

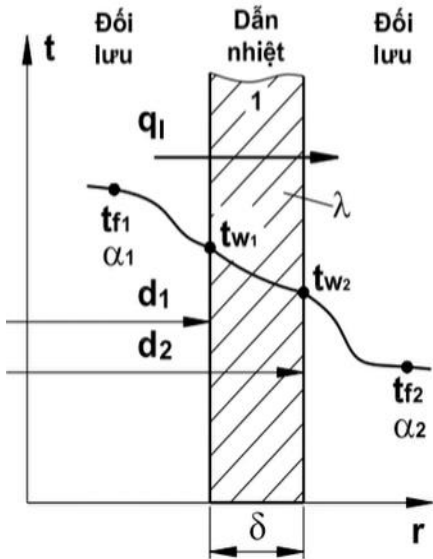
$$q = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} ; \text{W/m}^2$$

Hình 18: Truyền nhiệt qua vách phẳng một lớp.

2) Truyền nhiệt qua vách trụ

Đối với các vách trụ một lớp, ta có:

- Đường kính trong là d_1 .
- Đường kính ngoài là d_2 .
- Vật liệu làm vách là α .
- Mặt tiếp xúc với môi trường có nhiệt là t_{f1} và t_{f2} .
- Hệ số tỏa nhiệt từ vách ra môi trường là α_1 và α_2 .
- Gọi t_{w1} và t_{w2} là nhiệt độ bề mặt tiếp xúc với các môi trường



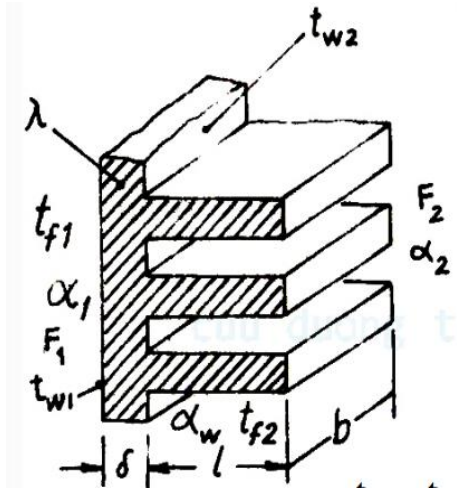
Đối với các vách trụ một lớp, ta có công thức tính:

$$q_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \lambda d_2}} (t_{f1} - t_{f2}); \text{W/m}$$

Hình 19: Truyền nhiệt tại vách trụ.

2.4.2. Truyền nhiệt qua vách có cánh

- Đối với hệ truyền nhiệt này ta thường gặp ở các động cơ có công suất nhỏ, sự tỏa nhiệt nhờ các cánh tản nhiệt như động cơ mô tô, xe máy, máy bơm nước,...
- Đối với các vách có cánh, ta có:
 - Hệ số dẫn nhiệt λ .
 - Chiều dày của vách δ .
 - Vách phẳng có diện tích F_1 . Vách F_1 tiếp xúc với môi trường có nhiệt độ t_{f1} .
 - Hệ số tỏa nhiệt từ môi trường đến bề mặt vách phẳng là α_1 .
 - Vách làm cánh có diện tích F_2 . Vách F_2 tiếp xúc với môi trường có nhiệt độ t_{f2} .
 - Hệ số tỏa nhiệt đến môi trường là α_2 .
 - t_{w1} là nhiệt độ phía không làm cánh
 - t_{w2} là nhiệt độ bề mặt phía làm cánh, (t_{w1} và t_{w2} luôn dương)



Hình 20: Truyền nhiệt qua vách có cánh.

2.4.3. Tăng cường truyền nhiệt và cách nhiệt

- Để tăng cường truyền nhiệt, ta cần dựa vào các dạng trao đổi nhiệt cơ bản để tìm ra những giải pháp có hiệu quả nhất.

Chẳng hạn, muốn tăng cường dẫn nhiệt ta giảm chiều dày của vách, dùng vật liệu làm vách có hệ số dẫn nhiệt lớn, tăng độ chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt vách.

- Khi đồng thời xảy ra các dạng trao đổi nhiệt cơ bản, việc tăng cường truyền nhiệt một cách hiệu quả là một vấn đề rất phức tạp. Để có những giải pháp đúng đắn ta cần phân tích qua những trường hợp cụ thể; và đặc biệt là phải xem xét tới những yếu tố ảnh hưởng đến hệ số truyền nhiệt.

2.4.4. Thiết bị trao đổi nhiệt

Đối với các Thiết bị Trao đổi nhiệt, ta có công thức tính:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_2 - t_1) \quad , \text{ với:}$$

- Q: Nhiệt lượng ($Q > 0$ hoặc $Q < 0$), J (kJ)
 - $Q > 0$: nhiệt lượng nhận (Nhiệt lượng thu vào)
 - $Q < 0$: nhiệt lượng thải (Nhiệt lượng thải đi, nhiệt nhả)
- k: hệ số trao đổi nhiệt.
- F: diện tích trao đổi nhiệt (m^2)
- t_1, t_2 : nhiệt độ của quá trình trao đổi nhiệt.

BÀI TẬP VÍ DỤ:

Một vách dẫn nhiệt bằng thép có các thông số sau: hệ số trao đổi nhiệt $k = 8,38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, chiều rộng vách là $a = 20 \text{ mm}$, chiều dài $b = 65 \text{ mm}$.

Nhiệt độ bề mặt trong của ống là 295°C ; nhiệt độ bề mặt ngoài của ống là 45°C .

Hãy tính nhiệt lượng tỏa qua vách.

Tóm tắt:

$$k = 8,38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$a = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}; \quad b = 65 \text{ mm} = 0,065 \text{ m.}$$

$$t_{f1} = 295^\circ\text{C}$$

$$t_{t2} = 45^{\circ}\text{C}$$

$$Q = ?$$

Giải:

Nhiệt lượng tỏa qua vách: $Q < 0$

Áp dụng công thức: $Q = k \cdot F \cdot (t_2 - t_1)$

$$\Rightarrow Q = 0,838 \cdot (0,02 \times 0,065) \cdot (45 - 295) = - 2,7235 \text{ (W)} < 0$$

Giải thích: Do nhiệt lượng là nhiệt lượng tỏa qua vách nên $Q < 0$.

3. CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1/ Trình bày khái niệm chất môi chất trong kỹ thuật lạnh.
- 2/ Trình bày khái niệm nhiệt độ và các loại nhiệt độ trong kỹ thuật lạnh.
- 3/ Trình bày khái niệm áp suất và các loại áp suất trong kỹ thuật lạnh.
- 4/ Trình bày khái niệm thể tích riêng và khối lượng riêng.
- 5/ Trình bày khái niệm nội năng và cách tính nội năng trong kỹ thuật lạnh.
- 6/ Trình bày khái niệm enthalpy và phương pháp tính enthalpy trong kỹ thuật lạnh.
- 7/ Trình bày khái niệm entropy và phương pháp tính entropy trong kỹ thuật lạnh.
- 8/ Trình bày các quá trình nhiệt động cơ bản của hơi.
- 9/ Trình bày chu trình nhiệt động của máy lạnh.
- 10/ Trình bày chu trình nhiệt động của bơm nhiệt.
- 11/ Trình bày khái niệm dẫn nhiệt.
- 12/ Trình bày phương pháp và công thức tính dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng 1 lớp.
- 13/ Trình bày phương pháp và công thức tính dẫn nhiệt ổn định qua vách phẳng nhiều lớp.
- 14/ Trình bày phương pháp và công thức tính dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ 1 lớp.
- 15/ Trình bày phương pháp và công thức tính dẫn nhiệt ổn định qua vách trụ nhiều lớp.
- 16/ Trình bày khái niệm trao đổi nhiệt đối lưu.
- 17/ Trình bày các nhân tố ảnh hưởng tới trao đổi nhiệt đối lưu.
- 18/ Trình bày khái niệm trao đổi nhiệt bức xạ.
- 19/ Trình bày dòng nhiệt trao đổi bức xạ giữa hệ vật.
- 20/ Trình bày phương pháp truyền nhiệt tổng hợp qua vách phẳng và vách trụ .
- 21/ Trình bày phương pháp truyền nhiệt qua vách có cánh.
- 22/ Trình bày phương pháp tính nhiệt lượng của thiết bị trao đổi nhiệt.

Chương 2: CƠ SỞ KỸ THUẬT LẠNH

Giới thiệu:

Chương này cung cấp cho người học kiến thức ý nghĩa của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật, các phương pháp làm lạnh nhân tạo, cũng như khái niệm về môi chất lạnh, chất tải lạnh, giới thiệu sơ lược về các loại môi chất lạnh và chất tải lạnh thông dụng của kỹ thuật lạnh hiện nay.

Bên cạnh đó, chương này còn trình bày sơ đồ cơ bản nhất của hệ thống lạnh một cấp nén và mở rộng với các sơ đồ lạnh khác. Từ đó giới thiệu khái niệm các thiết bị chính trong hệ thống lạnh như máy nén lạnh, qua đó giới thiệu các loại máy nén lạnh trong kỹ thuật lạnh, ngoài ra còn giới thiệu các thiết bị khác của hệ thống lạnh để người học vận dụng tổng quan về hệ thống lạnh.

Mục tiêu:

- Trang bị cho học sinh các kiến thức cơ sở về máy và hệ thống lạnh.
- Tính toán, giải thích nguyên lý làm việc của máy nén và các hệ thống lạnh thông dụng.
- Rèn luyện tính tập trung, tỉ mỉ, tư duy logic, ứng dụng thực tiễn sản xuất áp dụng vào môn học cho HS SV.

1. Khái niệm chung

1.1. Ý nghĩa của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật

- Ứng dụng trong bảo quản thực phẩm.
- Ứng dụng trong sấy thăng hoa.
- Ứng dụng trong công nghiệp hóa chất.
- Ứng dụng trong điều hòa không khí.
- Ứng dụng trong công nghệ siêu dẫn.
- Ứng dụng trong sinh học cryo.
- Ứng dụng trong kỹ thuật đo và tự động hóa.
- Ứng dụng trong thể dục thể thao.
- Ứng dụng trong y tế và quốc phòng.

1.2. Các phương pháp làm lạnh nhân tạo

- Phương pháp làm lạnh bằng bay hơi khuếch tán.
- Phương pháp làm lạnh bằng giãn nở khí có sinh ngoại công.
- Phương pháp tiết lưu không sinh ngoại công
- Phương pháp hòa trộn lạnh.
- Phương pháp dẫn nở khí trong ống xoáy
- Phương pháp bay hơi chất lỏng
- Phương pháp khử từ đoạn nhiệt

2. Môi chất lạnh và chất tải lạnh

2.1. Các môi chất lạnh thường dùng trong kỹ thuật lạnh

1/ Định nghĩa môi chất lạnh

- Chất môi giới là chất trung gian thực hiện các chuyển hóa về năng lượng, chất môi giới ta thường gặp ở dạng khí hoặc hơi.

- Môi chất lạnh (còn gọi là tác nhân lạnh, ga lạnh) là chất môi giới sử dụng trong chu trình nhiệt động ngược chiều để hấp thụ nhiệt của môi trường cần làm lạnh có nhiệt độ thấp và thải ra môi trường có nhiệt độ cao hơn.

2/ Yêu cầu đối với môi chất lạnh:

- Phải bền vững trong phạm vi áp suất và nhiệt độ làm việc.
- Không phản ứng với dầu bôi trơn, không ăn mòn kim loại chế tạo máy
- Phải an toàn, không dễ cháy nổ.
- Áp suất ngưng tụ không quá cao.
- Nhiệt độ cuối tầm nén phải thấp.
- Năng suất lạnh riêng thể tích càng lớn.
- Không dẫn điện.
- Phải có hiệu suất năng lượng cao.
- Không độc hại với con người và cơ thể sống.
- Không ảnh hưởng xấu đến chất lượng sản phẩm bảo quản.
- Rẻ tiền, dễ kiếm, dễ chế tạo.
- Dễ sản xuất, vận chuyển và bảo quản.
- Không được gây ô nhiễm môi trường.

3) Các môi chất lạnh thường dùng trong kỹ thuật lạnh:

+ AMÔNIAC – CTCT: NH_3

+ MÔI CHẤT R22 – CTCT: CHCl-F_2

+ MÔI CHẤT R134a – CTCT: $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{F}$

+ MÔI CHẤT R410A – thuộc nhóm môi chất lạnh không đồng sôi.

Cụ thể như sau:

+ **AMÔNIAC – CTCT: NH_3**

- Công thức cấu tạo: NH_3
- Ký hiệu: R717.
- Nhiệt độ sôi: $t = - 33,4^\circ\text{C}$
- Bền vững ở khoảng nhiệt độ và áp suất làm việc
- Không ăn mòn kim loại đen nhưng ăn mòn đồng và các hợp kim đồng.
- Áp suất ngưng tụ tương đối cao.
- Gây cháy nổ trong không khí.
- Độc hại với cơ thể con người.
- Có mùi khó ngửi, hắc nên dễ đề phòng tránh.
- Làm giảm chất lượng thực phẩm bảo quản.
- Rẻ tiền, dễ kiếm.
- Dễ sản xuất, dễ vận chuyển và bảo quản.

+ **MÔI CHẤT R22 – CTCT: CHCl-F₂**

- Công thức cấu tạo: CHCl-F₂
- Ký hiệu: R22.
- Nhiệt độ sôi: $t = - 40,8^{\circ}\text{C}$
- Bền vững ở khoảng nhiệt độ và áp suất làm việc
- Không hòa tan với dầu.
- Áp suất ngưng tụ tương đối cao.
- Gây cháy nổ trong không khí.
- Không độc hại với cơ thể sống.
- Làm giảm chất lượng thực phẩm bảo quản.
- Đắt tiền, dễ kiếm.
- Dễ vận chuyển và bảo quản.

+ **MÔI CHẤT R134a – CTCT: CH₃ - CH₂F**

- Công thức cấu tạo: CH₃ - CH₂F
- Ký hiệu: R134a.
- Nhiệt độ sôi: $t = - 26,5^{\circ}\text{C}$
- Bền vững ở khoảng nhiệt độ và áp suất làm việc
- Không gây cháy nổ trong không khí.
- Không độc hại với cơ thể con người
- Không làm giảm chất lượng thực phẩm bảo quản.
- Rẻ tiền, dễ kiếm.
- Dễ sản xuất, dễ vận chuyển và bảo quản.

+ **MÔI CHẤT R410A:**

- Công thức cấu tạo: đây là hỗn hợp môi chất không đồng sôi
- Ký hiệu: R410A.
- Nhiệt độ sôi: $t = - 51,5^{\circ}\text{C}$
- Bền vững ở khoảng nhiệt độ và áp suất làm việc
- Không độc hại với cơ thể con người
- Không làm giảm chất lượng thực phẩm bảo quản.
- Rẻ tiền, dễ kiếm.
- Dễ sản xuất, dễ vận chuyển và bảo quản.
- Là ga lạnh cho tương lai.

2.2. Chất tải lạnh

1/ Định nghĩa:

- Là chất trung gian nhận nhiệt của đối tượng cần làm lạnh chuyển tới thiết bị bay hơi cấp cho môi chất lạnh sôi.
- Hệ thống lạnh dùng chất tải lạnh còn gọi là chất tải lạnh gián tiếp.
- Chất tải lạnh đôi khi còn được gọi là môi chất lạnh thứ cấp.

2/ Ưu điểm và nhược điểm:

+ Ưu điểm:

- Chất tải lạnh đôi khi còn được gọi là môi chất lạnh thứ cấp.

+ Nhược điểm:

- Về mặt nhiệt động: làm lạnh gián tiếp qua chất tải lạnh có tổn thất năng lượng lớn.

- Về kinh tế: tốn kém chi phí đầu tư thiết bị: bơm, dàn lạnh, đường ống cho vòng tuần

hoàn chất tải lạnh.

3/ Yêu cầu đối với chất tải lạnh:

- Nhiệt độ đông đặc phải thấp hơn nhiệt độ bay hơi của môi chất lạnh ít nhất là 5°C.

- Nhiệt độ sôi ở áp suất khí quyển phải cao

- Không ăn mòn kim loại chế tạo máy.

- Bền vững, không phân hủy trong phạm vi nhiệt độ làm việc.

- Không gây cháy nổ.

- Không làm ô nhiễm môi trường.

- Không độc hại đối với con người và cơ thể sống.

- Không tác động xấu đến thực phẩm

- Rẻ tiền, dễ kiếm, vận chuyển, bảo quản dễ dàng.

4) Một số chất tải lạnh thường dùng trong kỹ thuật lạnh:

+ NƯỚC – CTCT: H₂O

+ KHÔNG KHÍ

+ DUNG DỊCH MUỐI NaCl

+ DUNG DỊCH MUỐI CaCl₂

Cụ thể như sau:

+ NƯỚC – CTCT: H₂O

- Công thức cấu tạo: H₂O

- Ký hiệu chất tải lạnh: R718.

- Ở áp suất khí quyển: nhiệt độ sôi: $t_s = 100^\circ\text{C}$; nhiệt độ đông đặc: $t_d = 0^\circ\text{C}$.

- Là chất lỏng không màu, không mùi, không vị.

- Không ăn mòn kim loại chế tạo máy.

- Không gây cháy nổ.

- Không độc hại với cơ thể con người.

- Không gây ảnh hưởng xấu đến sản phẩm.

- Có sẵn, rẻ tiền, dễ kiếm, dễ vận chuyển và bảo quản.

+ KHÔNG KHÍ :

- Không khí là hỗn hợp nhiều chất khí, trong đó tỉ lệ cao nhất là N₂, O₂, còn lại là các khí khác như H₂, CO₂, hơi nước, các khí trơ,...

- Ít ăn mòn kim loại chế tạo máy.

- Khối lượng riêng nhỏ.

- Không độc hại với cơ thể con người.

- Không gây ảnh hưởng xấu đến sản phẩm.

- Có sẵn trong tự nhiên, rẻ tiền, dễ kiểm, dễ vận chuyển và bảo quản.

+ **DUNG DỊCH MUỐI NaCl** :

- Công thức cấu tạo: NaCl
- Nhiệt độ đông đặc phụ thuộc nồng độ muối trong dung dịch.
- Hệ số dẫn nhiệt, độ nhớt, khối lượng riêng lớn
- Gây ăn mòn kim loại.
- Dung dịch NaCl dẫn điện.
- Không gây cháy nổ trong không khí.
- Không độc hại với cơ thể con người
- Khi rò rỉ gây ảnh hưởng đến chất lượng thực phẩm bảo quản.
- Không ô nhiễm môi trường
- Rẻ tiền, dễ kiểm, dễ vận chuyển và bảo quản.

+ **DUNG DỊCH MUỐI CaCl₂** :

- Dung dịch CaCl₂ có tính ăn mòn cao hơn NaCl.
- Nhiệt độ đông đặc phụ thuộc nồng độ muối trong dung dịch.
- Hệ số dẫn nhiệt, độ nhớt, khối lượng riêng lớn
- Gây ăn mòn kim loại.
- Dung dịch CaCl₂ dẫn điện và khó kiểm hơn NaCl.
- Không gây cháy nổ trong không khí.
- Không độc hại với cơ thể con người
- Khi rò rỉ gây ảnh hưởng đến chất lượng thực phẩm bảo quản.
- Không ô nhiễm môi trường
- Rẻ tiền, dễ kiểm, dễ vận chuyển và bảo quản.

Ngoài ra, còn có các chất tải lạnh khác gốc rượu: ETYLEN GLYCOL, PROPYLEN GLYCOL, POLY ETYLEN GLYCOL,...

2.3. Bài tập về môi chất lạnh và chất tải lạnh

a) Ký hiệu môi chất lạnh là **Rxyz**, với :

- $x + 1$ là số nguyên tử Các bon (C) có trong môi chất lạnh.
- $y - 1$ là số nguyên tử Hidro (H) có trong môi chất lạnh.
- z là số nguyên tử Flo (F) có trong môi chất lạnh.

Ví dụ: Viết công thức cấu tạo (CTCT) của môi chất lạnh R22

Cách giải: Áp dụng **Rxyz = R22 = R022**

=> số $x = 0$ => số nguyên tử Các bon (C) là 1

=> số $y = 2$ => số nguyên tử Hidro (H) là $2 - 1 = 1$

=> số $z = 2$ => số nguyên tử Flo (F) là 2

Vậy công thức cấu tạo (CTCT) của môi chất lạnh R22 là CHClF₂

Tương tự như vậy, các bài tập về môi chất lạnh:

Tìm công thức cấu tạo (CTCT) của môi chất lạnh R12, R134a.

b) Với chất tải lạnh: đo áp suất và nhiệt độ khi hệ thống làm việc

Ví dụ: Tìm chất tải lạnh của hệ thống đang làm việc với nhiệt độ gió ra là khoảng 10°C.

Cách làm:

- Sử dụng các dụng cụ đo chuyên dụng của kỹ thuật lạnh: đồng hồ đo nhiệt độ và đồng hồ đo áp suất.

- Do hệ thống đang làm việc với nhiệt độ gió ra là khoảng 10°C. => đầu tiên xác định hệ thống sử dụng môi chất lạnh gì và ở khu vực nhỏ hay to.

- Đo nhiệt độ gió ra = 10°C => nhiệt độ chất tải lạnh khoảng 7°C.

=> Chất tải lạnh được sử dụng cho hệ thống lạnh là NƯỚC (H₂O).

Tương tự như vậy, các bài tập về chất tải lạnh:

a) Tìm chất tải lạnh của hệ thống đang làm việc với nhiệt độ gió ra là khoảng 35°C, áp suất khoảng 20 MPa.

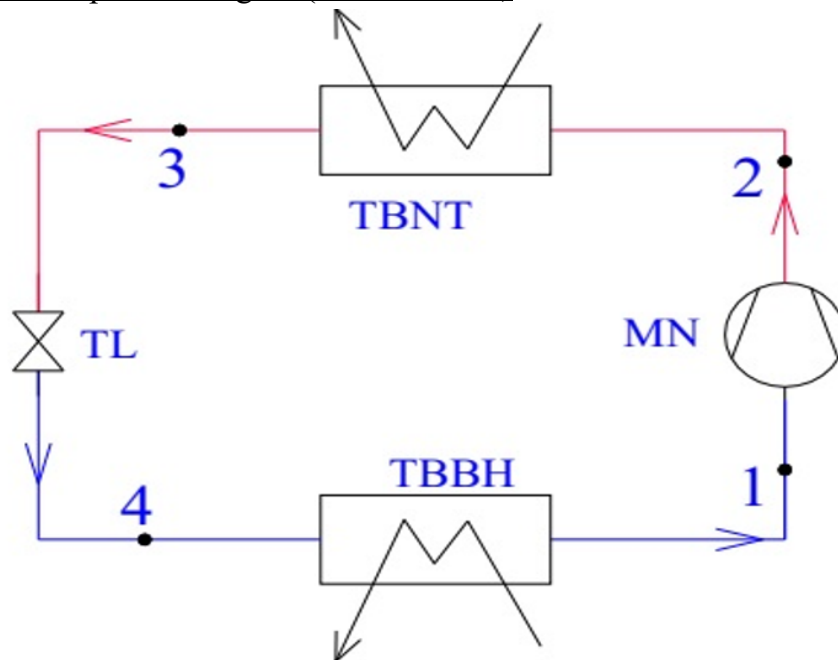
b) Tìm chất tải lạnh của hệ thống đang làm việc với nhiệt độ gió ra là khoảng 42°C, áp suất khoảng 80 MPa.

c) Tìm chất tải lạnh của hệ thống đang làm việc với nhiệt độ gió ra là khoảng 70°C, áp suất khoảng 120 MPa.

3. Các hệ thống lạnh thông dụng

3.1. Hệ thống lạnh với một cấp nén

+ Hệ thống lạnh 1 cấp nén đơn giản (chu trình khô):



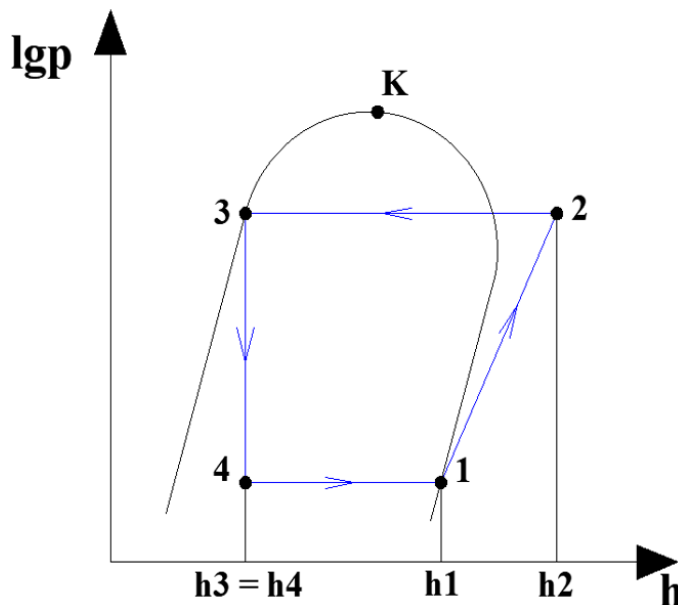
MN: Máy nén

TBNT: Thiết bị ngưng tụ

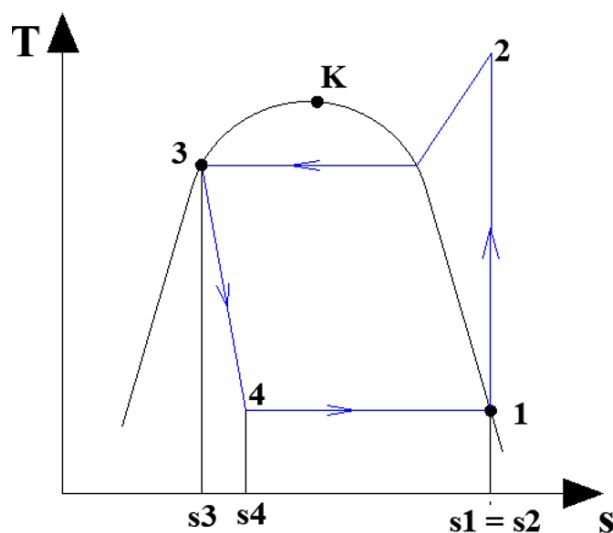
TL: Thiết bị tiết lưu (Van tiết lưu)

TBBH: Thiết bị bay hơi

+ Đồ thị lgp-h :



+ Đồ thị T-s:



+ Các quá trình trạng thái của chu trình khô:

Quá trình 1 - 2: Quá trình nén đoạn nhiệt, đẳng entropy, thực hiện ở máy nén.

Quá trình 2 - 3: Quá trình ngưng tụ đẳng áp, thực hiện ở TBNT.

Quá trình 3 - 4: Quá trình tiết lưu đẳng entanpy, thực hiện ở thiết bị tiết lưu.

Quá trình 4 - 1: Quá trình bay hơi đẳng áp, thực hiện ở TBBH.

+ Nguyên lý hoạt động:

Hơi bão hòa khô từ thiết bị bay hơi 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 ở thông số trạng thái 2 đi vào thiết bị ngưng tụ, ngưng tụ đẳng áp theo quá trình 2- 3, nhả nhiệt thành lỏng hoàn toàn ở thông số trạng thái 3.

Lòng cao áp với thông số trạng thái 3 đi đến van tiết lưu và tiết lưu đẳng entanpy thành hơi ẩm hạ áp ở thông số trạng thái 4.

Với thông số trạng thái 4, môi chất đi vào thiết bị bay hơi và nhận nhiệt đẳng áp, thực hiện quá trình bay hơi thành hơi bão hòa khô ở trạng thái 1 rồi quay trở về máy nén.

Chu trình cứ thế tiếp diễn.

+ Tính toán chu trình:

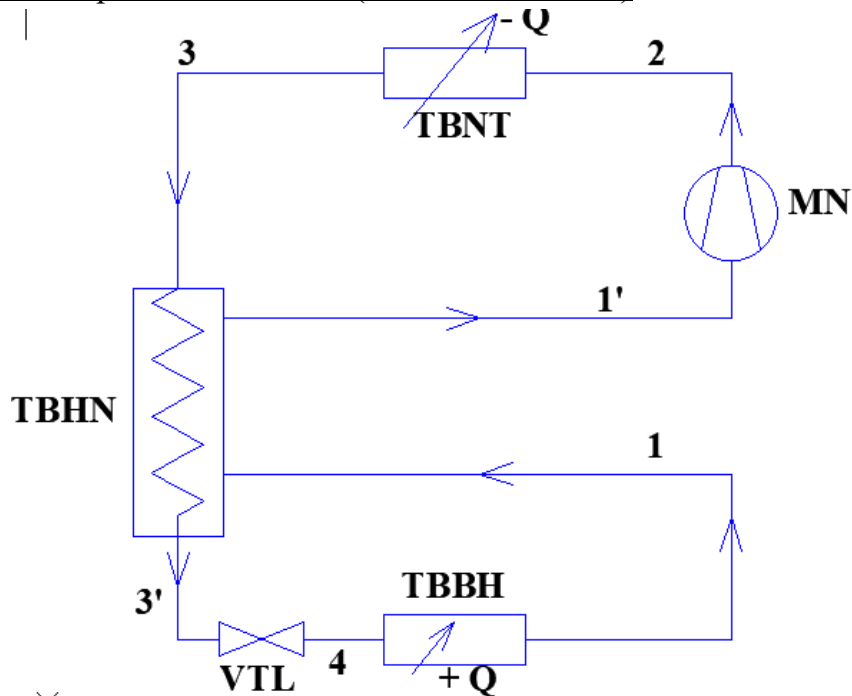
- Công nén: $l = h_2 - h_1$.
- Nhiệt lượng nhả ra ở thiết bị ngưng tụ: $q_k = h_2 - h_3$.
- Nhiệt lượng nhận được ở thiết bị bay hơi: $q_0 = h_1 - h_4$.
- Hệ số làm lạnh:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Hệ số làm lạnh còn gọi là COP, hệ số COP từ 2,7 trở lên là tiết kiệm điện.

3.2. Các sơ đồ khác

+ Hệ thống lạnh 1 cấp nén có hồi nhiệt (chu trình hồi nhiệt):



MN: Máy nén

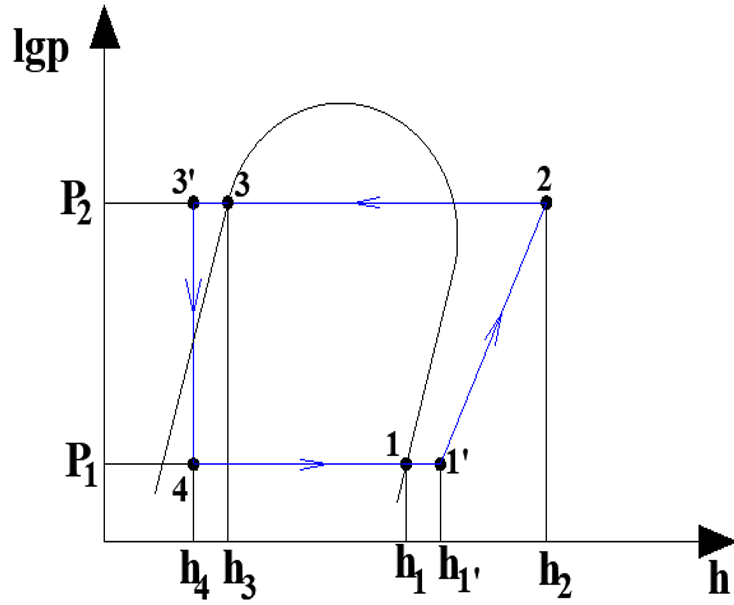
TBNT: Thiết bị ngưng tụ

TBHN: Thiết bị Hồi nhiệt

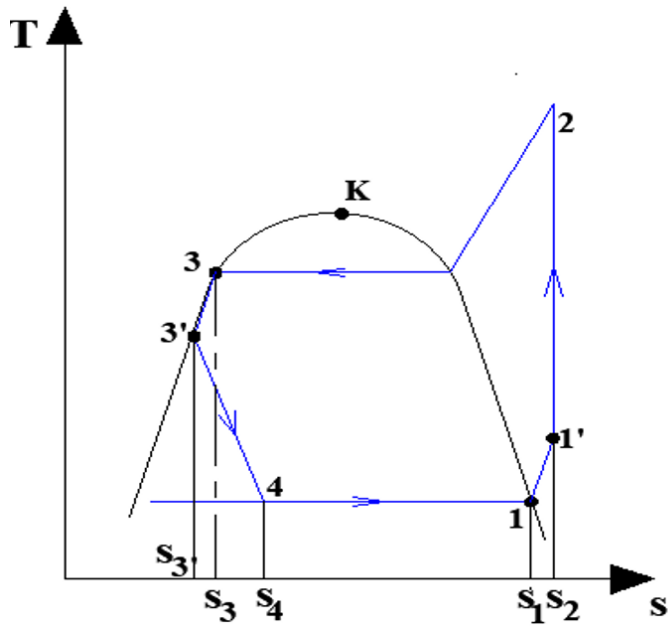
VTL: Thiết bị tiết lưu (Van tiết lưu)

TBBH: Thiết bị bay hơi

+ Đồ thị $\lg p-h$:

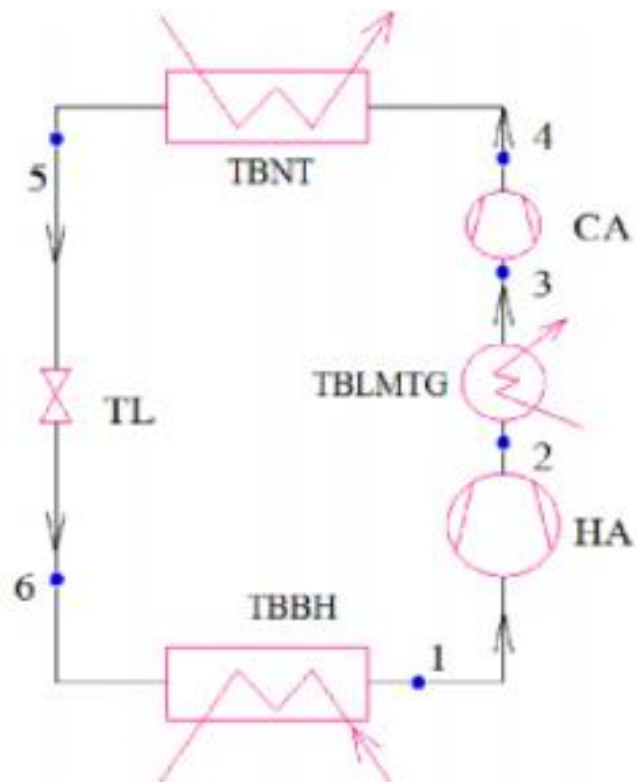


+ Đồ thị T-s:

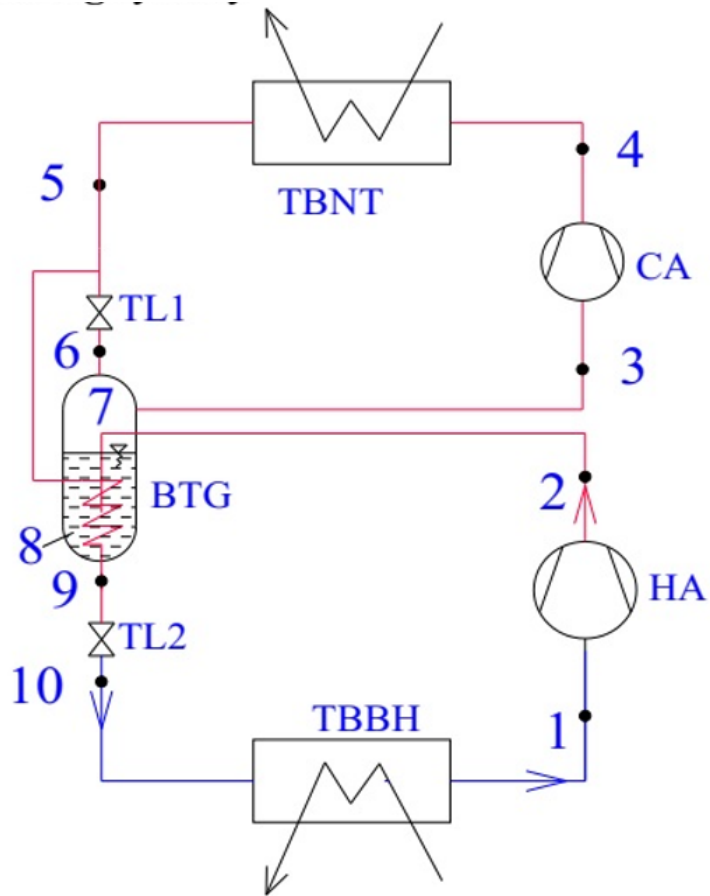


+ Hệ thống lạnh 2 cấp nén:

a) Sơ đồ Hệ thống lạnh 2 cấp nén:



b) Sơ đồ Hệ thống lạnh 2 cấp nén có bình trung gian:



3.3. Bài tập

1/ Cho chu trình khô, sử dụng môi chất R22 với nhiệt độ ngưng tụ là $t_k = 40^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_o = 10^\circ\text{C}$.

- Hãy xác định công nén của chu trình.
- Xác định năng suất lạnh Q_o của chu trình, biết $G = 80 \text{ kG}$.
- Hãy xác định hệ số làm lạnh của chu trình.

2/ Cho chu trình khô, sử dụng môi chất NH_3 với nhiệt độ ngưng tụ là $t_k = 50^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_o = 15^\circ\text{C}$.

- Hãy xác định công nén của chu trình.
- Xác định nhiệt lượng ngưng tụ Q_k của chu trình, biết $G = 60 \text{ kG}$.
- Hãy xác định hệ số làm lạnh của chu trình.

3/ Cho chu trình khô, sử dụng môi chất R134a với nhiệt độ ngưng tụ là $t_k = 40^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_o = 0^\circ\text{C}$.

- Hãy xác định công nén của chu trình.
- Xác định năng suất lạnh Q_o của chu trình, biết $G = 30 \text{ kG}$.
- Hãy xác định hệ số làm lạnh của chu trình.

4/ Cho chu trình khô, sử dụng môi chất R410A với nhiệt độ ngưng tụ là $t_k = 45^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_o = 5^\circ\text{C}$.

- Hãy xác định công nén của chu trình.
- Xác định nhiệt lượng ngưng tụ Q_k của chu trình, biết $G = 40 \text{ kG}$.
- Hãy xác định hệ số làm lạnh của chu trình.

5/ Cho chu trình khô, sử dụng môi chất R410A với nhiệt độ ngưng tụ là $t_k = 40^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_o = 10^\circ\text{C}$.

- Hãy xác định công nén của chu trình.
- Xác định năng suất lạnh Q_o của chu trình, biết $G = 35 \text{ kG}$.
- Hãy xác định hệ số làm lạnh của chu trình.

4. Máy nén lạnh

4.1. Khái niệm

Máy nén lạnh là một thiết bị quan trọng đáp ứng cho việc điều hòa không khí, làm lạnh cho các công trình và thiết bị ở quy mô lớn. Phần lớn máy nén lạnh (máy nén môi chất lạnh) thường có kích thước lớn, đóng vai trò như là trái tim của hệ thống HVAC (Sưởi ấm, thông gió, điều hòa không khí, kho lạnh,...).

+ Vai trò của máy nén lạnh:

- Đảm bảo sự tuần hoàn của môi chất lạnh trong hệ thống.
- Máy nén làm nhiệm vụ nén môi chất lạnh ở áp suất thấp lên áp suất cao và nhiệt độ cao.

+ Phân loại máy nén lạnh:

Có nhiều cách phân loại:

- Theo cấu tạo
- Theo năng suất lạnh

- Theo cấp nén
- Theo số xylanh
 - + Thông số của máy nén lạnh:
- Tỷ số nén.
- Năng suất của máy nén.
- Công suất của máy nén.
- Hiệu suất của máy nén.

4.2. Máy nén pittông

Là loại máy nén xoay chiều có piston và xylanh để tạo ra lực nén, chuyển động của piston dựa vào lực nén môi chất lạnh bên trong xylanh.

Ưu điểm máy nén piston có chi phí ban đầu thấp và đơn giản. Nhược điểm có chi phí bảo hành cao, tiềm ẩn vấn đề về rung động.

Máy nén pittông có 3 loại: máy nén kín, máy nén nửa kín và máy nén hở.

+ Máy nén kín: cả phần động cơ và phần điện đều chung trong một khối, bên ngoài có lớp vỏ kín bao bọc.



+ Máy nén nửa kín: phần động cơ và phần điện được kết nối với nhau nhờ trục chính



+ Máy nén hở: phần động cơ và phần điện hoàn toàn tách rời nhau, kết nối với nhau nhờ hệ thống dây đai.



4.3. Giới thiệu một số chủng loại máy nén khác

- Máy nén rô to (Rotary Compressor)



- Máy nén cánh xoắn (Scroll Compressor)



- Máy nén trục vít (Screw Compressor)



5. Các thiết bị khác của hệ thống lạnh

5.1. Các thiết bị trao đổi nhiệt chủ yếu

- a) Thiết bị ngưng tụ:

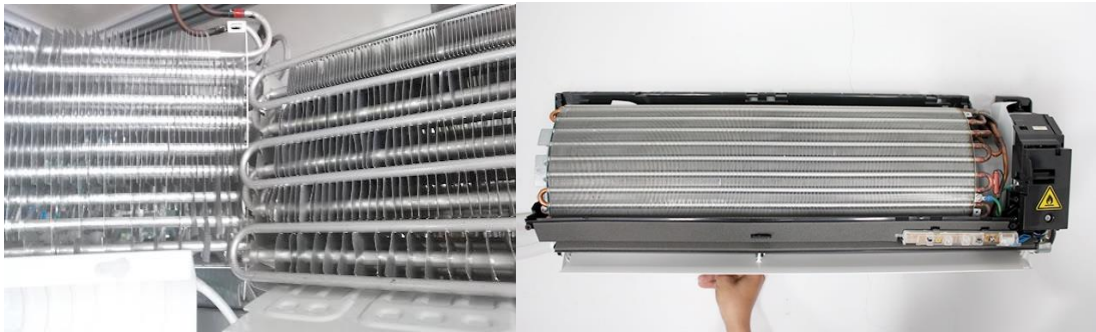


Hình 2.1: Thiết bị ngưng tụ dân dụng.



Hình 2.2: Thiết bị ngưng tụ công nghiệp (hay Bình ngưng).

b) Thiết bị bay hơi:



Hình 2.3: Thiết bị bay hơi dân dụng.



Hình 2.4: Dàn lạnh xương cá (trong hệ thống sản xuất đá cây).

5.2. Thiết bị tiết lưu (giảm áp)



Hình 2.5: Thiết bị tiết lưu



Hình 2.6: Các loại van hệ thống lạnh.

5.3. Thiết bị phụ, dụng cụ và đường ống của hệ thống lạnh

a) Bình chứa cao áp



Hình 2.7: Bình chứa cao áp.

b) Bình chứa thấp áp



Hình 2.8: Bình chứa thấp áp.

c) Bình tách lỏng



Hình 2.9: Bình tách lỏng.

d) Tháp giải nhiệt



Hình 2.10: Tháp giải nhiệt.

e) Bình tách dầu



Hình 2.11: Bình tách dầu.

g) Các loại phin lọc gas lạnh



Hình 2.12: Các loại phin lọc gas lạnh.

6. CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1/ Hãy nêu ý nghĩa của kỹ thuật lạnh trong đời sống và kỹ thuật?
- 2/ Trình bày các phương pháp làm lạnh nhân tạo?
- 3/ Trình bày khái niệm môi chất lạnh? Tên gọi khác của môi chất lạnh là gì?
- 4/ Trình bày chi tiết tính chất các loại môi chất lạnh sử dụng hiện nay.
- 5/ Trình bày khái niệm chất tải lạnh? Chất tải lạnh có gì khác so với môi chất lạnh?
- 6/ Trình bày chi tiết tính chất các loại chất tải lạnh sử dụng hiện nay.
- 7/ Trình bày hệ thống lạnh 1 cấp nén: sơ đồ nguyên lý, nguyên lý làm việc, đồ thị lgp-h, đồ thị T-s, tính toán chu trình.
- 8/ Hãy trình bày tổng quát các sơ đồ 1 cấp khác và sơ đồ 2 cấp.
- 9/ Hãy nêu khái niệm máy nén lạnh.
- 10/ Hãy trình bày vai trò và cách phân loại máy nén lạnh?
- 11/ Trình bày khái niệm máy nén lạnh pittông. Qua đó hãy cho biết ưu nhược điểm máy nén lạnh pittông.
- 12/ Hãy phân biệt các loại máy nén lạnh pittông trong thực tế.
- 13/ Hãy trình bày cấu tạo của các thiết bị chính của hệ thống lạnh.
- 14/ Hãy trình bày cấu tạo của các thiết bị phụ của hệ thống lạnh.

Chương 3: CƠ SỞ KỸ THUẬT ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ

Giới thiệu:

Chương này cung cấp cho người học kiến thức về không khí ẩm cũng như các khái niệm về thông gió và điều hòa không khí cũng như các cách tính toán tải lạnh đơn giản của hệ thống ĐHKK.

Bên cạnh đó, chương này còn trình bày các phương pháp và thiết bị xử lý không khí cũng như hệ thống vận chuyển và phân phối không khí, cách tính toán quạt gió cho hệ thống lạnh. Và qua đó, còn giới thiệu các phần tử khác của hệ thống ĐHKK như điều chỉnh nhiệt độ, độ ẩm, lọc bụi và tiêu âm cho hệ thống ĐHKK.

Mục tiêu:

- Trình bày được các kiến thức cơ sở về điều hòa không khí và hệ thống ĐHKK;
- Trình bày được các khái niệm về ĐHKK.
- Tính toán thông số các thiết bị chính trong hệ thống ĐHKK;
- Rèn luyện tính tập trung, tỉ mỉ, tư duy logic, sáng tạo, ứng dụng thực tiễn sản xuất áp dụng vào môn học cho HSSV.

1. Không khí ẩm

1.1. Thành phần và các thông số trạng thái của không khí ẩm

a) Các khái niệm cơ bản

- Không khí xung quanh chúng ta là hỗn hợp của nhiều chất khí, chủ yếu là N_2 và O_2 ngoài ra còn một lượng nhỏ các khí trơ, CO_2 , hơi nước . . .

Thể tích N_2 là 78%; thể tích O_2 là 21% => trước năm 2010

Thể tích N_2 là 75%; thể tích O_2 là 18% => sau năm 2010

- Không khí khô: Không khí không chứa hơi nước gọi là không khí khô.

Trong thực tế không có không khí khô hoàn toàn, mà không khí luôn luôn có chứa một lượng hơi nước nhất định. Đối với không khí khô, khi tính toán thường người ta coi là khí lý tưởng.

- Không khí ẩm: là không khí có chứa hơi nước. Đây là môi trường không khí mà ta đang sinh sống.

- Không khí ẩm bao gồm 3 trạng thái :

+ Không khí ẩm chưa bão hòa: Là trạng thái mà hơi nước còn có thể bay hơi thêm vào được trong không khí.

+ Không khí ẩm bão hòa: Là trạng thái mà hơi nước trong không khí đã đạt tối đa và không thể bay hơi thêm vào được.

+ Không khí ẩm quá bão hòa: Là không khí ẩm bão hòa và còn chứa thêm một lượng hơi nước nhất định. Tuy nhiên, lượng hơi nước này có thể bị tách dần ra khỏi không khí.

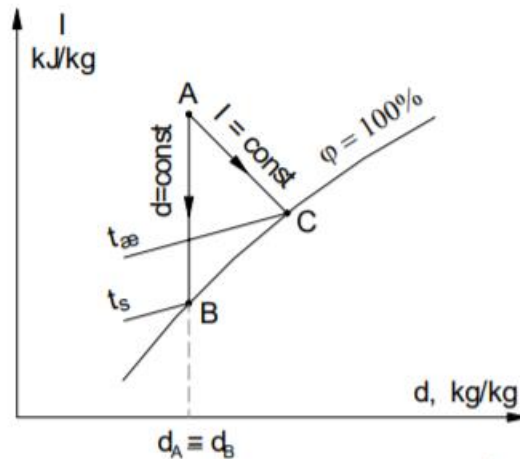
Sương mù là trạng thái không khí ẩm quá bão hòa.

- Thành phần của Không khí ẩm: (tính từ năm 2010 về trước)

Thành phần	[kg/kmol]	V [%]	V [%]	m [%]
Oxygen (O ₂)	31,998	0,2095	0,210	0,232
Nitrogen (N ₂)	28,013	0,7809	0,790	0,768
Argon (A)	39,948	0,0093		
Carbon dioxide (CO ₂)	44,010	0,0003		

- Thành phần của Không khí: 75% N₂; 22% O₂; còn lại là hơi nước và các khí trơ. (tính từ năm 2010 về sau)

1.2. Đồ thị I - d của không khí ẩm



Thông số trạng thái của không khí ẩm bao gồm:

- Áp suất: trong kỹ thuật điều hòa không khí, ta xây dựng áp suất điều hòa không khí trên đồ thị I-d là $B_0 = 760 \text{ mmHg}$

- Nhiệt độ: Nhiệt độ nhiệt kế ướt và nhiệt độ điểm sương (nhiệt độ đọng sương)

+ Nhiệt độ điểm sương (nhiệt độ đọng sương): Khi làm lạnh không khí, dung ẩm d không đổi tới nhiệt độ t_s nào đó, ở nhiệt độ đó hơi nước trong không khí bắt đầu ngưng tụ thành nước bão hòa. Nhiệt độ t_s đó gọi là nhiệt độ điểm sương.

+ Nhiệt độ nhiệt kế ướt: Khi cho hơi nước bay hơi đoạn nhiệt vào không khí chưa bão hòa ($I = \text{const}$), nhiệt độ của không khí sẽ giảm dần trong khi độ ẩm tương đối tăng lên. Tới khi đạt trạng thái bão hòa $\phi = 100\%$, quá trình bay hơi chấm dứt. Nhiệt độ ứng với trạng thái bão hòa cuối cùng này gọi là nhiệt độ nhiệt kế ướt và ký hiệu là t_w .

• Cách xác định trên đồ thị I-d :

- Nhiệt độ:

+ Nhiệt độ điểm sương (nhiệt độ đọng sương): $d = \text{const}$ và $\phi = 100\%$, ký hiệu là t_s .

+ Nhiệt độ nhiệt kế ướt: $I = \text{const}$, $\phi = 100\%$, ký hiệu là t_w .

- Độ ẩm tuyệt đối (ρ_h) : là khối lượng hơi nước có trong 1 m^3 không khí ẩm.

- Độ ẩm tương đối (ϕ) : là tỷ số giữa độ ẩm tuyệt đối của không khí ẩm chưa bão hòa (ρ_h) và độ ẩm tuyệt đối của không khí ẩm bão hòa ($\rho_{h\text{max}}$) .

$$\phi = \rho_h / \rho_{h\text{max}}$$

- Độ chứa hơi (d) : là lượng hơi nước chứa trong không khí ẩm ứng với 1 kg không khí khô.

$$d = m_h/m_k$$

• Các đường cơ bản trên đồ thị I-d :

+ Các đường I = const nghiêng với trục hoành một góc 135° .

+ Các đường I = const là đường thẳng đứng.

+ Các đường d = const là đường nằm ngang.

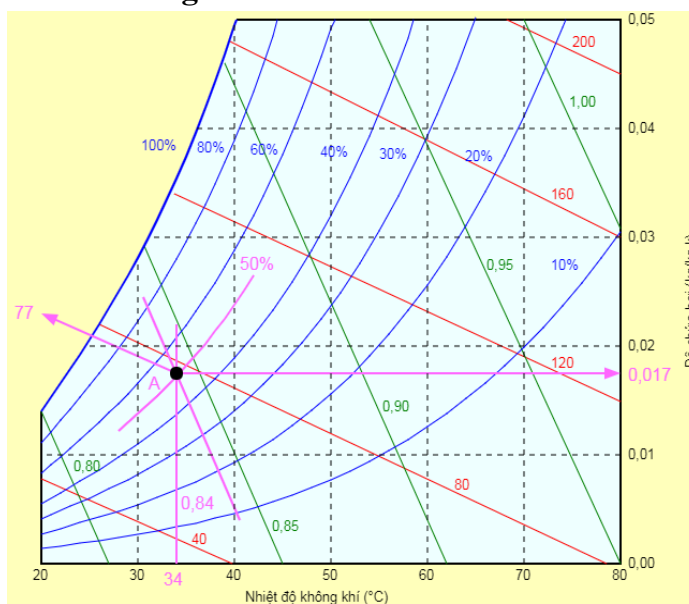
+ Đường $\varphi = 100\%$ là đường độ ẩm tuyệt đối.

+ Các đường t = const là đường thẳng chéo lên phía trên, gần như song song với nhau.

+ Tính d và p_h :

$$d = 0,622 \cdot \frac{p_h}{p - p_h}$$

1.3. Một số quá trình của không khí ẩm khi ĐHKK



Hình: Đồ thị t-d.

• Các đường cơ bản trên đồ thị t-d :

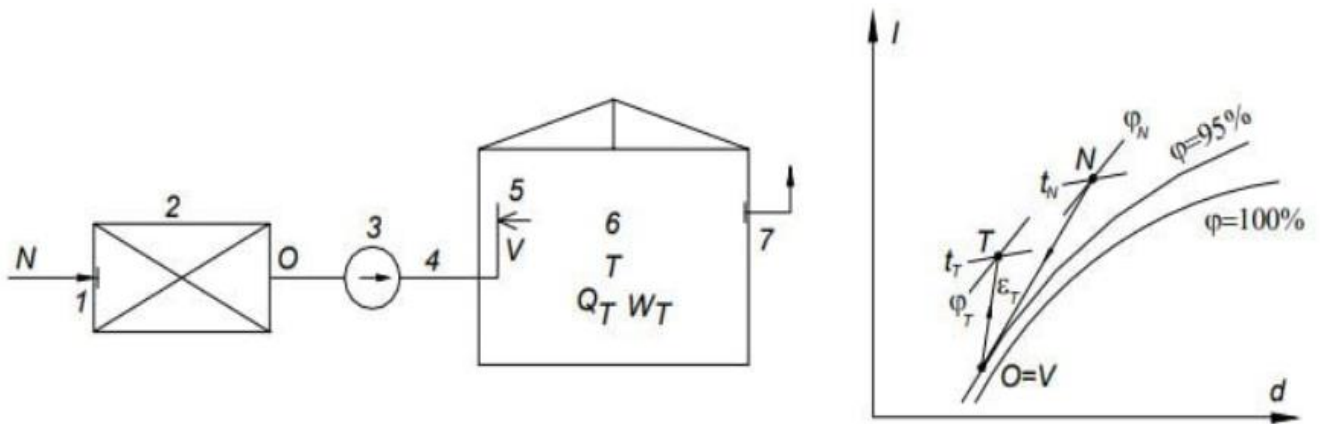
- Đường I = const tạo với trục hoành một góc 135° . Các giá trị entanpi của không khí cho bên cạnh đường $\varphi = 100\%$, đơn vị kJ/kg không khí khô

- Đường $\varphi = \text{const}$ là những đường cong lõm, càng đi lên phía trên thì φ càng lớn. Trên đường $\varphi = 100\%$ là vùng sương mù.

- Đường thể tích riêng $v = \text{const}$ là những đường thẳng nghiêng song song với nhau, đơn vị m^3/kg không khí khô.

- Ngoài ra trên đồ thị còn có đường I_{hc} là đường hiệu chỉnh entanpi (sự sai lệch giữa entanpi không khí bão hoà và chưa bão hoà)

a) Sơ đồ điều hoà không khí mùa Hè :

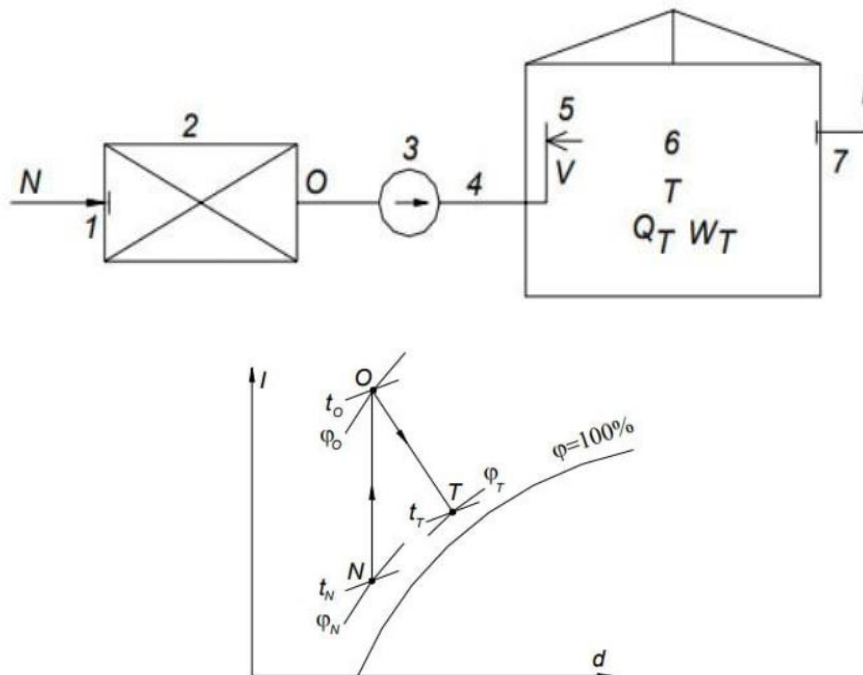


- Sơ đồ điều hòa không khí mùa Hè được sử dụng trong các trường hợp sau:

Khi kình gió hồi quá lớn việc thực hiện hồi gió quá tốn kém hoặc không thực hiện được do không gian nhỏ hẹp.

Khi trong phòng phát sinh ra nhiều chất độc hại, việc hồi gió không có lợi. Mùa hè tại nước ta nhiệt độ và độ ẩm ngoài phòng thường cao hơn nhiệt độ và độ ẩm trong phòng. Vì thế điểm N thường nằm bên trên phải của điểm T.

b) Sơ đồ điều hoà không khí mùa Đông :



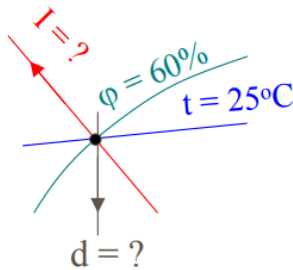
- Sơ đồ điều hoà không khí mùa Đông:

+ Sơ đồ tuy đơn giản nhưng không tận dụng được nhiệt của gió thổi nên không kinh tế.

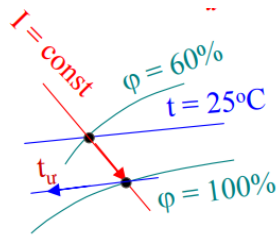
+ Sơ đồ chỉ sử dụng trong trường hợp việc xây dựng kênh hồi gió không kinh tế hoặc không thể thực hiện được. Khi trong không gian điều hoà sinh nhiều chất độc hại thì cũng nên sử dụng sơ đồ này (còn gọi là sơ đồ thẳng).

1.4. Bài tập về sử dụng đồ thị I-d

1/ Không khí ẩm ở 25°C có độ ẩm $\varphi = 60\%$. Hãy tìm nhiệt độ đọng sương và nhiệt độ nhiệt kế ướt.



Hướng dẫn:



, tương tự, ta tìm t_{ur} theo đồ thị I-d.

Đáp số: $t_{ds} = 10^{\circ}\text{C}$, $t_{ur} = 60^{\circ}\text{C}$

2/ Không khí ẩm ở 20°C có độ ẩm $\varphi = 70\%$. Hãy tìm nhiệt độ đọng sương và nhiệt độ nhiệt kế ướt.

3/ Không khí ẩm ở 45°C có độ ẩm $\varphi = 65\%$. Hãy tìm nhiệt độ đọng sương và nhiệt độ nhiệt kế ướt.

4/ Không khí ẩm ở 25°C có độ ẩm $\varphi = 80\%$. Hãy tìm nhiệt độ đọng sương và nhiệt độ nhiệt kế ướt. Qua đó, hãy tính độ chứa hơi.

5/ Không khí ẩm ở 30°C có độ ẩm $\varphi = 55\%$. Hãy tìm nhiệt độ đọng sương và nhiệt độ nhiệt kế ướt.

2. Khái niệm về điều hoà không khí

2.1. Khái niệm về thông gió và ĐHKK

- Khái niệm Thông gió:

+ Trong quá trình sản xuất và sinh hoạt của con người trong không gian điều hoà thường sinh ra các chất độc hại và nhiệt thừa, ẩm thừa làm cho các thông số khí hậu trong đó thay đổi, mặt khác nồng độ ôxi cần thiết cho con người giảm, sinh ra một môi trường ảnh hưởng lâu dài về sức khoẻ.

+ Vì vậy cần thiết phải thải không khí đã bị ô nhiễm (bởi các chất độc hại và nhiệt) ra bên ngoài, đồng thời thay thế vào đó là không khí đã được xử lý, không có các chất độc hại, có nhiệt độ phù hợp và lượng ôxi đảm bảo. Quá trình như vậy gọi là thông gió.

=> Như vậy, quá trình thông gió thực chất là quá trình thay đổi không khí trong phòng đã ô nhiễm bằng không khí mới bên ngoài trời đã qua xử lý.

- Khái niệm điều hòa không khí:

+ Điều hòa không khí là quá trình duy trì không khí trong phòng ổn định về nhiệt độ, độ ẩm, độ sạch, và thay đổi thành phần không khí và áp suất không khí.

+ Điều hòa không khí cưỡng bức thông qua thiết bị làm lạnh hoặc làm nóng, quạt gió, phun ẩm, hút ẩm, làm khô, tạo khí oxy, ion âm,...

+ Thường thiết bị điều hòa không khí chủ yếu phục vụ cho con người là chính, nhưng ngày nay thiết bị được sử dụng rộng rãi hơn như cho động vật, thực vật, máy móc, trang thiết bị y tế, thuốc men dược phẩm,...

2.2. Bài tập về tính toán tải lạnh đơn giản

Công thức tính toán tải lạnh đơn giản:

$$Q = U \times A \times (T_2 - T_1) \times 24 \times 10^{-3} \text{ (kWh)}$$

Với: Q : Tải lạnh cần tính (kWh)

U: nội năng của vật liệu cách nhiệt (W/m².K).

A: Diện tích của tường và sàn (m²).

T₂: nhiệt độ không khí bên ngoài phòng.

T₁: nhiệt độ không khí bên trong phòng.

24: số giờ trong ngày (1 ngày = 24 giờ).

10⁻³: đổi từ W sang kW.

Ví dụ:

Tính tải lạnh của phòng, biết tường có 4 mặt, có 1 mặt sàn, 1 mái. Nhiệt độ không khí bên trong phòng là T₁ = 14°C, nhiệt độ không khí bên ngoài phòng là T₂ = 33°C.

Biết nội năng của vật liệu cách nhiệt là 0,28 W/m².K

Giải

Cách tính diện tích:

$$\text{Mặt 1} = 6\text{m} \times 4\text{m} = 24 \text{ m}^2$$

$$\text{Mặt 2} = 6\text{m} \times 4\text{m} = 24 \text{ m}^2$$

$$\text{Mặt 3} = 5\text{m} \times 4\text{m} = 20 \text{ m}^2$$

$$\text{Mặt 4} = 5\text{m} \times 4\text{m} = 20 \text{ m}^2$$

$$\text{Mặt sàn} = 5\text{m} \times 6\text{m} = 30 \text{ m}^2$$

$$\text{Mái nhà} = 5\text{m} \times 6\text{m} = 30 \text{ m}^2$$

Tải lạnh cần tính cho tường và mái:

$$A = 24 + 24 + 20 + 20 + 30 = 118 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = U \times A \times (T_2 - T_1) \times 24 \times 10^{-3}$$

$$= 0,28 \text{ W/m}^2.\text{K} \times 118 \text{ m}^2 \times (33^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) \times 24 \times 10^{-3} = 15,066 \text{ kWh}$$

Tải lạnh cần tính cho sàn:

$$Q_2 = U \times A \times (T_2 - T_1) \times 24 \times 10^{-3}$$
$$= 0,28 \text{ W/m}^2.\text{K} \times 30 \text{ m}^2 \times (33^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) \times 24 \times 10^{-3} = 3,8304 \text{ kWh}$$

Vậy: Tải lạnh cần tính

$$Q = Q_1 + Q_2 = 15,066 + 3,8304 = 18,8964 \text{ kWh}$$

Bài tập tương tự:

1/ Tính tải lạnh của phòng, biết tường có 4 mặt, có 1 mặt sàn, 1 mái. Nhiệt độ không khí bên trong phòng là $T_1 = 16^\circ\text{C}$, nhiệt độ không khí bên trong phòng là $T_1 = 36^\circ\text{C}$.

Biết nội năng của vật liệu cách nhiệt là $0,32 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

2/ Tính tải lạnh của phòng, biết tường có 4 mặt, có 1 mặt sàn, 1 mái. Nhiệt độ không khí bên trong phòng là $T_1 = 20^\circ\text{C}$, nhiệt độ không khí bên trong phòng là $T_1 = 33^\circ\text{C}$.

Biết nội năng của vật liệu cách nhiệt là $0,28 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

3/ Tính tải lạnh của phòng, biết tường có 4 mặt, có 1 mặt sàn, 1 mái. Nhiệt độ không khí bên trong phòng là $T_1 = 22^\circ\text{C}$, nhiệt độ không khí bên trong phòng là $T_1 = 34^\circ\text{C}$.

Biết nội năng của vật liệu cách nhiệt là $0,30 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

4/ Tính tải lạnh của phòng, biết tường có 4 mặt, có 1 mặt sàn, 1 mái. Nhiệt độ không khí bên trong phòng là $T_1 = 26^\circ\text{C}$, nhiệt độ không khí bên trong phòng là $T_1 = 40^\circ\text{C}$.

Biết nội năng của vật liệu cách nhiệt là $0,26 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

5/ Tính tải lạnh của phòng, biết tường có 4 mặt, có 1 mặt sàn, 1 mái. Nhiệt độ không khí bên trong phòng là $T_1 = 27^\circ\text{C}$, nhiệt độ không khí bên trong phòng là $T_1 = 37^\circ\text{C}$.

Biết nội năng của vật liệu cách nhiệt là $0,42 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

2.3. Các hệ thống ĐHKK

+ Phân loại hệ thống điều hòa không khí:

- Hệ thống điều hòa không khí cấp 1.
- Hệ thống điều hòa không khí cấp 2.
- Hệ thống điều hòa không khí cấp 3.

Cụ thể như sau:

- Hệ thống điều hòa không khí cấp 1: Là hệ thống điều hoà có khả năng duy trì các thông số vi khí hậu trong nhà KHÔNG ĐỐI với mọi phạm vi thông số ngoài trời, ngay tại cả ở những thời điểm khắc nghiệt nhất trong năm về mùa Hè lẫn mùa Đông.

- Hệ thống điều hòa không khí cấp 2: Là hệ thống điều hoà có khả năng duy trì các thông số vi khí hậu trong nhà với SAI SỐ KHÔNG QUÁ 200 GIỜ trong 1 năm.

- Hệ thống điều hòa không khí cấp 3: Là hệ thống điều hoà có khả năng duy trì các thông số vi khí hậu trong nhà với SAI SỐ KHÔNG QUÁ 400 GIỜ trong 1 năm.

2.4. Các phương pháp và thiết bị xử lý không khí

Gồm có:

- Làm lạnh không khí.
- Sưởi ấm không khí.
- Giảm ẩm (Làm khô).

- Tăng ẩm.
- Lọc bụi và tiêu âm không khí
- + LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ:
- Làm lạnh bằng dàn ống có cánh:
 - + Trong kỹ thuật điều hòa không khí, người ta sử dụng phổ biến các thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt để làm lạnh không khí.
 - + Và cấu tạo: Phổ biến nhất là dàn trao đổi nhiệt kiểu ống đồng cánh nhôm. Không khí chuyển động bên ngoài dàn trao đổi nhiệt. Bên trong có thể là nước lạnh (chất tải lạnh) hoặc chính môi chất lạnh bay hơi.
 - + Không khí khi chuyển động qua dàn một mặt được làm lạnh mặt khác một phần hơi nước có thể ngưng tụ trên bề mặt trao đổi nhiệt và chảy xuống máng hứng nước ngưng.
 - Làm lạnh bằng nước phun đã xử lý:
 - + Hiện nay trên thị trường có bán rất nhiều loại quạt nước, các loại quạt này đều có nguyên lý làm việc tương tự nhau là cho nước bay hơi vào không khí khi chuyển động qua quạt.
 - + Trong công nghiệp, chẳng hạn ở các xí nghiệp dệt sử dụng các thiết bị buồng phun với nước đã được làm lạnh rất tốn kém. Vì vậy những ngày trời ít nắng và những lúc phụ tải không quá lớn người ta không sử dụng nước lạnh, mà sử dụng nước thường để xử lý không khí.
 - + Nhiệt độ không khí được xử lý theo nước thường hạ xuống thấp nhất có thể là bằng nhiệt độ nhiệt kế ướt.
 - + SUỐI ẤM KHÔNG KHÍ:
 - Gia nhiệt bằng dàn ống có cánh sử dụng nước nóng
 - + Trong kỹ thuật điều hòa không khí người ta có thể thực hiện gia nhiệt cho không khí bằng thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt sử dụng nước nóng hoặc hơi nước nóng. Thường đó là dàn ống có cánh, không khí chuyển động cưỡng bức bên ngoài ngang qua dàn ống, nước hoặc hơi nước chuyển động bên trong.
 - + Ở các nước châu Âu, nhu cầu sưởi nóng về mùa đông là bắt buộc đối với mọi nhà. Trong nhà thường trang bị các bộ gia nhiệt kiểu bề mặt sử dụng hơi nước dẫn từ các trung tâm nhiệt điện đến.
 - + Ở các nước về mùa đông nhiệt độ không quá lạnh, chẳng hạn như nước ta thì việc sưởi ấm chỉ thực hiện ở các công trình đặc biệt, mà không phải bắt buộc đối với toàn dân. Việc sưởi ấm thực hiện từ các nguồn cấp nhiệt cục bộ.
 - Gia nhiệt bằng dàn ống có cánh sử dụng gas nóng
 - + Một biện pháp khác cũng hay được sử dụng là dùng các máy lạnh hai chiều. Trong các máy này về mùa đông nhờ hệ thống van đảo chiều hoán đổi chức năng của dàn nóng và dàn lạnh, nhờ vậy không khí thổi vào phòng là không khí nóng của dàn nóng.
 - Gia nhiệt bằng thanh điện trở.
 - + Người ta có thể thực hiện việc sấy không khí bằng các điện trở thay cho các thiết bị trao đổi nhiệt bề mặt.

+ Việc sử dụng dây điện trở có ưu điểm là gọn nhẹ và chi phí đầu tư thấp. Tuy nhiên chi phí điện năng (chi phí vận hành) khá lớn và dễ gây cháy, chập điện do các dàn lạnh thường được lắp đặt trên laphông của các công trình, có nhiều vật liệu dễ cháy, nguy hiểm.

+ GIAM ẨM (LÀM KHÔ):

- Làm khô bằng dàn lạnh.
- Làm khô bằng thiết bị buồng phun.
- Làm khô bằng máy hút ẩm.
- Làm khô bằng hóa chất.

+ TĂNG ẨM:

- Tăng ẩm bằng thiết bị buồng phun.
- Tăng ẩm bằng thiết bị phun ẩm bổ sung.

+ LOC BUI:

- Bụi là những phân tử vật chất có kích thước nhỏ bé khuếch tán trong môi trường không khí.

- Do đó, độ trong sạch của không khí là một trong những tiêu chuẩn quan trọng cần được khống chế trong các không gian điều hoà và thông gió.

+ TIÊU ẨM:

- Chọn thiết bị (dàn lạnh, FCU, AHU, máy nén . .) có độ ồn nhỏ để lắp đặt trong phòng. Đây là công việc đầu tiên mà các nhà thiết kế cần lưu ý. Độ ồn của hầu hết các thiết bị đã được các nhà sản xuất cho sẵn trong các catalogue và tài liệu kỹ thuật.

- Lắp đặt các cụm máy và thiết bị ở phòng riêng biệt cách ly khỏi khu vực làm việc. Giải pháp này thường được áp dụng cho các cụm máy lớn, chẳng hạn các AHU, cụm máy máy chiller công suất lớn.

- Bọc cách âm cụm máy và thiết bị.

3. Hệ thống vận chuyển và phân phối không khí

3.1. Trao đổi không khí trong phòng

3.1.1. Các dòng không khí tham gia trao đổi không khí trong phòng

- Mục đích của việc thông gió và điều hoà không khí là thay đổi không khí đã bị ô nhiễm do nhiệt, ẩm, chất độc hại, bụi vv... ở trong phòng bằng không khí đã qua xử lý.

- Sự trao đổi không khí trong phòng được thực hiện nhờ quá trình luân chuyển, quá trình đó được thực hiện dựa trên nhiều cơ chế hình thức và động lực khác nhau.

3.1.2. Các hình thức cấp gió và thải gió

- Luồng không khí từ một miệng thổi tròn.
- Luồng không khí từ một miệng thổi dẹt.

3.1.3. Các kiểu miệng cấp và miệng hồi

- Theo hình dạng:

+ Miệng thổi tròn, chữ nhật, vuông.

+ Miệng thổi dẹt.

- Theo cách phân phối gió:

- + Miệng thổi khuấy tán; miệng thổi có cánh điều chỉnh đơn và đôi;
- + Miệng thổi kiểu lá sách; kiểu chắn mưa; miệng thổi kiểu đục lỗ; miệng thổi kiểu lưới.
 - Theo vị trí lắp đặt: gắn trần; gắn tường; đặt nền, sàn.
 - Theo vật liệu: miệng thổi bằng thép; nhôm đúc; miệng thổi nhựa.

3.1.4. Cấu trúc của hệ thống

Trong hệ thống điều hoà không khí hệ thống đường ống gió có chức năng dẫn và phân gió tới các nơi khác nhau tùy theo yêu cầu.

- Theo chức năng người ta chia hệ thống đường ống gió ra làm các loại chủ yếu sau:
 - + Đường ống cung cấp không khí (Supply Air Duct - SAD)
 - + Đường ống hồi gió (Return Air Duct - RAD)
 - + Đường ống cấp không khí tươi (Fresh Air Duct - FAD)
 - + Đường ống thông gió (Ventilation Air Duct)
 - + Đường ống thải gió (Exhaust Air Duct)
- Theo tốc độ gió.
- Theo áp suất gió (trong ĐHKK, ký hiệu là m)

3.1.5. Các loại trở kháng thủy lực của đường ống

Có 2 dạng tổn thất áp lực:

- Tổn thất ma sát dọc theo đường ống Δp_{ms}
- Tổn thất cục bộ ở các chi tiết đặc biệt côn, cút, tê, chạc, van....



Hình 3.1: Các loại miệng gió.



Hình 3.2: Các loại đường ống gió.

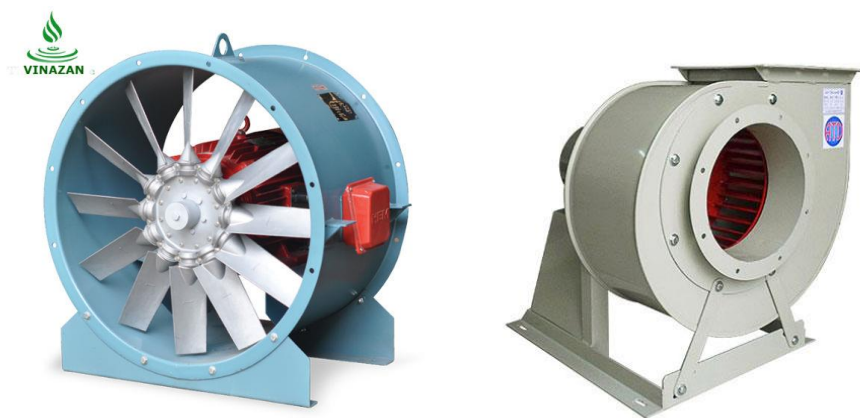
3.2. Quạt gió

3.2.1. Phân loại quạt gió

Có 2 loại thường sử dụng: quạt hướng trục và quạt ly tâm

- Quạt hướng trục: Không khí đi vào và ra theo dọc hướng trục. Quạt hướng trục có cấu tạo gọn nhẹ có thể cho lưu lượng lớn và áp suất bé. Thường dùng trong hệ thống không có ống gió hoặc ống gần.

- Quạt ly tâm: Không khí đi vào theo hướng trục quay, nhưng đi ra vuông góc với trục quay, cột áp tạo ra do lực ly tâm. Vì vậy cần có ống gió mới tạo áp suất lớn.



a) Quạt hướng trục

b) Quạt ly tâm

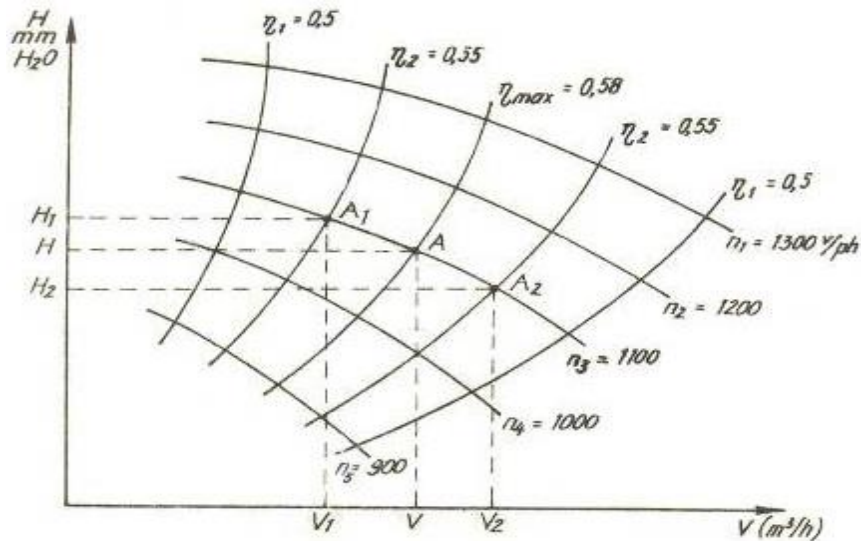
Hình 3.3: Các loại quạt gió

3.2.2. Đường đặc tính của quạt và điểm làm việc trong mạng đường ống

- Đường đặc tính:

Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa cột áp H với lưu lượng V ứng với số vòng quay n của cánh quạt gọi là đồ thị đặc tính của quạt (đường đặc tính).

Trên đồ thị đặc tính người ta còn hiển thị các đường hàm số khác nhau như đường hiệu suất quạt, đường công suất quạt.



Hình 3.4: Đường đặc tính của quạt và điểm làm việc trong mạng đường ống

4. Các phần tử khác của hệ thống ĐHKK

4.1. Khâu tự động điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm trong phòng

4.1.1. Tự động điều chỉnh nhiệt độ

Chức năng quan trọng nhất của hệ thống điều hòa không khí là duy trì các thông số khí hậu trong một phạm vi nào đó không phụ thuộc vào điều kiện môi trường xung quanh và sự thay đổi của phụ tải.

Các thông số cơ bản cần duy trì là :

- + Nhiệt độ
- + Độ ẩm
- + Áp suất
- + Lưu lượng.

Trong các thông số trên thì **nhiệt độ** là thông số quan trọng nhất.

4.2. Lọc bụi và tiêu âm trong ĐHKK

4.2.1. Tác dụng của lọc bụi

Độ trong sạch của không khí là một trong những tiêu chuẩn quan trọng cần được khống chế trong các không gian điều hoà và thông gió. Tiêu chuẩn này càng quan trọng đối với các đối tượng như bệnh viện, phòng chế biến thực phẩm, các phân xưởng sản xuất đồ điện tử, thiết bị quang học .. v.v ...

Bụi là gì?

Bụi là những phần tử vật chất có kích thước nhỏ bé khuếch tán trong môi trường không khí.

Bụi là một trong các chất độc hại. Tác hại của bụi phụ thuộc vào các yếu tố: Kích cỡ bụi, nồng độ bụi và nguồn gốc bụi.

Phân loại bụi:

+ Theo nguồn gốc của bụi:

- Bụi hữu cơ: nguồn gốc từ thuốc lá, bông vải, bụi gỗ, các sản phẩm nông sản, da, lông súc vật,...

- Bụi vô cơ: nguồn gốc từ kim loại, khoáng chất, bụi vô cơ, đất, đá, xi măng, amiăng,...

+ Theo kích cỡ của bụi:

- Bụi **siêu mịn**: Là những hạt bụi có kích thước nhỏ hơn $0,001\mu\text{m}$: Loại bụi này là tác nhân gây mùi trong các không gian thông gió và điều hoà không khí

- Bụi **rất mịn** : $0,1\mu\text{m} \div 1\mu\text{m}$

- Bụi **mịn** : $1\mu\text{m} \div 10\mu\text{m}$

- Bụi **thô** : $> 10\mu\text{m}$

4.2.2. Tiếng ồn trong ĐHKK – nguyên nhân và tác hại

+ Nguyên nhân gây tiếng ồn:

- Do các động cơ và thiết bị bên trong phòng gây nên.

- Do khí động của dòng không khí của hệ thống thông gió và điều hoà.

- Do truyền từ bên ngoài vào: theo dòng không khí, theo kết cấu xây dựng, theo đường ống dẫn không khí hoặc các khe hở vào phòng.

- Do không khí sau khi đi ra khỏi các miệng gió gây nên.

+ Ảnh hưởng của độ ồn đến sức khỏe con người:

Hàng ngày, nếu chúng ta tiếp xúc thường xuyên với nhiều nguồn âm thanh với cường độ lớn sẽ ảnh hưởng rất nhiều đến quá trình làm việc, sinh hoạt nghỉ ngơi cũng như sức khỏe.

1/ Ảnh hưởng thính lực

2/ Ảnh hưởng thần kinh

3/ Gây bệnh tim mạch

4/ Rối loạn giấc ngủ

Độ ồn được tính bằng đơn vị đo dB – decibel (đọc: đê xi ben)

Bảng độ ồn

Độ ồn - Decibel (dB)	Tương ứng với môi trường xung quanh
0 dB	Hoàn toàn không nghe thấy âm thanh
10 dB	Hơi thở của chúng ta
20 dB	Tiếng lá rơi
30 dB	Tiếng lá xào xạc
40 dB	Tiếng thì thầm
50 dB	Lượng mưa vừa phải
60 dB	Cuộc nói chuyện bình thường
70 dB	Văn phòng ồn ào, siêu thị, tiếng ồn ngoài đường
80 dB	Hội trường ồn ào, nhà in
90 dB	Nhà máy sản xuất
110 dB	Tiếng nhạc Rock
130 dB	Phi cơ cất cánh, còi xe cứu hỏa

+ Cường độ tối đa con người có thể nghe là bao nhiêu dB?

- Dưới 80 dB: Chúng ta vẫn có khả năng chịu được mà không cần thiết bị bảo vệ.
 - Từ 80 dB đến 90 dB: Phải bắt đầu lưu ý hơn về mức độ nguy hiểm. Bạn nên rời xa nơi có tiếng ồn hay tìm cách hạn chế tiếng ồn.
 - Ở mức 90 dB: Mỗi ngày, con người chỉ chịu tối đa được 1 giờ.
 - Ở mức 100 dB: Nếu không mang thiết bị bảo vệ, con người chỉ chịu tối đa được 15 phút.
- => Nếu tiếp xúc với tiếng ồn có cường độ dB càng cao trong một thời gian dài thì tai sẽ chịu tổn thương và có thể dẫn đến điếc tai, rất nguy hiểm.

+ Những biện pháp tiêu âm và chống ồn trong kỹ thuật đhkk:

1) Chống ồn do các động cơ và thiết bị gây ra:

- Chọn thiết bị (dàn lạnh, FCU, AHU, máy nén . .) có độ ồn nhỏ để lắp đặt trong phòng.
- Lắp đặt các cụm máy và thiết bị ở phòng riêng biệt cách ly khỏi khu vực làm việc.
- Thường xuyên bảo dưỡng định kỳ các thiết bị, bôi trơn các cơ cấu chuyển động để giảm ma sát giảm độ ồn.
- Bọc cách âm cụm máy và thiết bị.

2) Chống ồn do khí động dòng không khí tạo nên:

- Chọn tốc độ chuyển động của dòng không khí trên đường ống hợp lý.

- Thiết kế và lắp đặt các thiết bị đường ống cần tuân thủ các tiêu chuẩn nghiêm ngặt.

3) Chống ồn do truyền qua kết cấu xây dựng :

- Trong trường hợp yêu cầu độ ồn của phòng nhỏ, có thể tiến hành bọc cách âm bên trong phòng. Chẳng hạn đối với các phòng thu âm, thu lời, phòng phát thanh viên, phòng phim trường ở các đài phát thanh và truyền hình, người ta đều bọc cách âm bên trong.

- Đối với các phòng đặc biệt, người thiết kế xây dựng các khe lún, không xây liền dầm, liền trục với các phòng có thể tạo ra chấn động, tức là tách biệt hẳn về mặt kết cấu so với phòng làm việc.

- Một trong những trường hợp hay gặp là các động cơ, bơm và máy lạnh đặt trên sàn cao. Để khử các rung động do các động cơ tạo ra lan truyền theo kết cấu xây dựng làm ảnh hưởng tới các phòng dưới, người ta đặt các cụm thiết bị đó lên các bộ quán tính đặt trên các bộ lò xo giảm chấn để khử hết các chấn động do các động cơ gây ra.

4) Chống ồn do truyền qua các ống dẫn gió, dẫn nước vào phòng:

- Các ống dẫn gió, dẫn nước được nối với quạt và bơm là các cơ cấu chuyển động và luôn luôn tạo ra các chấn động gây ồn. Mặt khác các chấn động này cũng có thể gây ra đứt, vỡ đường ống.

- Để khử các chấn động truyền từ các bơm, quạt, máy nén theo đường ống người ta thường sử dụng các đoạn ống nối mềm bằng cao su, vải bạt nối trên đầu ra của các thiết bị này trước khi nối vào mạng đường ống.

5) Chống ồn do dòng không khí trong ống dẫn:

Để khử truyền âm theo con đường này người ta sử dụng các biện pháp:

+ Lắp đặt các hộp tiêu âm trên các đường ống nối vào phòng bao gồm cả đường cấp lẫn đường hồi gió.

+ Tăng độ dài đường ống bằng cách đặt xa hẳn công trình.

+ Trong nhiều trường hợp bắt buộc phải đặt đường ống xa công trình.

6) Chống ồn do bên ngoài truyền theo khe hở vào phòng :

Đây là nguồn gây ồn khó xác định, khó xử lý và mang tính ngẫu nhiên.

- Đối với các phòng bình thường, nếu các nguồn gây ồn bên ngoài không thường xuyên và liên tục thì không cần phải có biện pháp đặc biệt vì các phòng điều hoà thường có độ kín tối thiểu có thể khắc phục được.

- Đối với các phòng đặc biệt đòi hỏi độ ồn nhỏ hoặc trường hợp gần nguồn gây ồn thường xuyên, liên tục và có cường độ lớn thì cần phải bọc cách âm bên trong phòng đồng thời các cửa ra vào, cửa sổ phải được làm kín bằng các đệm cao su, mút.

7) Chống ồn do không khí ra miệng thổi :

Khi tốc độ không khí ra miệng thổi lớn, có thể gây ồn. Vì vậy phải chọn tốc độ không khí ra miệng thổi hợp lý. Để giảm độ ồn cần phải:

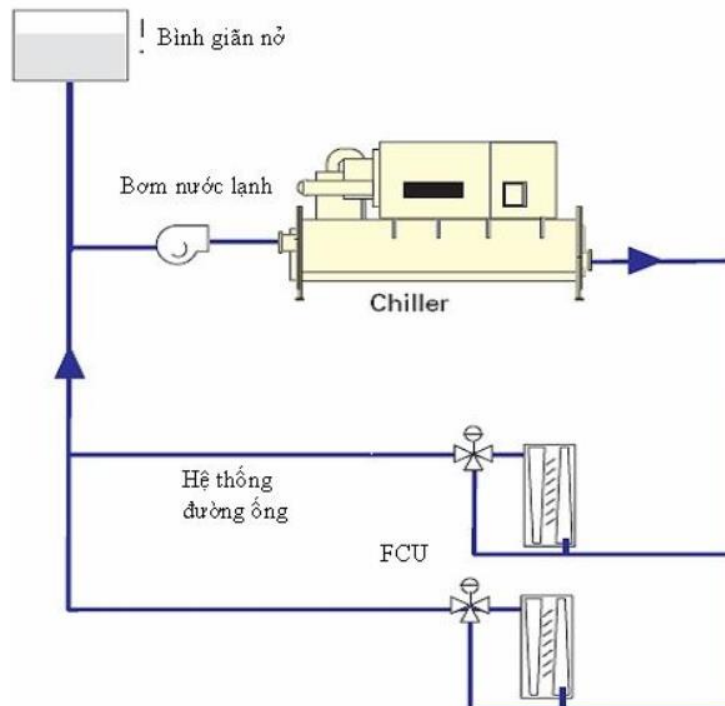
+ Chọn loại miệng hút, miệng thổi gió có độ ồn nhỏ. Các miệng gió kiểu khuếch tán thường có độ ồn khá nhỏ.

+ Giảm tốc độ gió vào ra miệng thổi hoặc tăng kích thước của chúng.

4.3. Cung cấp nước cho điều hòa không khí

4.3.1. Các sơ đồ cung cấp nước lạnh cho hệ thống Water Chiller

- Trong các hệ thống ống dẫn nước kín thường có trang bị bình giãn nở. Mục đích của bình giãn nở là tạo nên một thể tích dự trữ nhằm điều hoà những ảnh hưởng do giãn nở nhiệt của nước trên toàn hệ thống gây ra, ngoài ra bình còn có chức năng bổ sung nước cho hệ thống trong trường hợp cần thiết.
- Có 2 loại bình giãn nở : Loại hở và loại kín.
- Bình giãn nở kiểu hở là bình mà mặt thoáng tiếp xúc với khí trời trên phía đầu hút của bơm và ở vị trí cao nhất của hệ thống.
- Độ cao của bình giãn nở phải đảm bảo tạo ra cột áp thuỷ tĩnh lớn hơn tổn thất thuỷ lực từ vị trí nối thông bình giãn nở tới đầu hút của bơm.

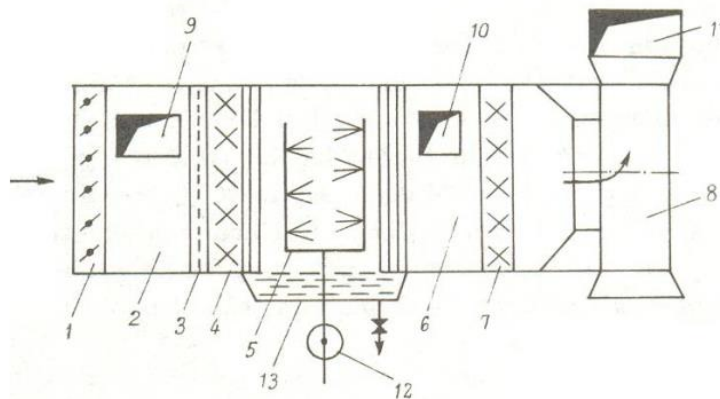


Hình 3.5: Lắp đặt bình giãn nở.

4.3.2. Cung cấp nước cho các buồng phun

- Buồng máy điều hòa không khí còn gọi là buồng điều không là thiết bị được sử dụng để xử lý không khí trước khi thổi vào buồng máy
- Có nhiều cách phân loại buồng : buồng đứng, nằm ngang, kiểu thẳng và ngoặt.
- Thiết bị buồng phun kiểu nằm ngang
- Cấu tạo:
- Cửa điều chỉnh gió vào
- 2- Buồng hòa trộn
- 3- Lọc bụi 4- Caloriphe
- 5- Hệ thống phun nước
- 6- Buồng hòa trộn

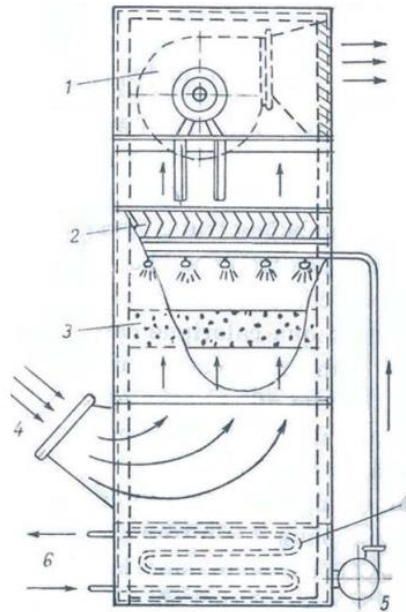
- 7- Caloriphe
- 8- Ống gió ra
- 9- Đường hồi gió cấp 1
- 10- Đường hồi gió cấp 2
- 11- Đường ống gió ra.
- 12- Bơm nước phun
- 13- Máng hứng nước



Hình 3.6: Buồng phun nằm ngang.

- Nguyên lý hoạt động
- Không khí bên ngoài được đưa qua van điều chỉnh vào buồng hòa trộn 3 để hòa trộn với không khí tuần hoàn, sau đó được đưa vào buồng phun để làm xử lý nhiệt ẩm. Nếu cần sưởi nóng thì sử dụng caloriphe. Trong buồng phun có bố trí hệ thống ống dẫn nước phun và các vòi phun. Nước được phun thành các hạt nhỏ để dễ dàng trao đổi nhiệt ẩm với không khí. Để tránh nước cuốn đi theo dòng không khí và làm ẩm ướt các thiết bị, phía trước và phía sau buồng phun có bố trí các tấm chắn nước dạng dích dắc. Không khí sau khi xử lý xong được đưa vào buồng hòa trộn 10 để tiếp tục hòa trộn với gió hồi cấp 2. Caloriphe 12 dùng để sưởi không khí nhằm đảm bảo yêu cầu vệ sinh khi cần. Nước đã được xử lý lạnh được bơm 15 bơm lên các vòi phun với áp suất phun khá cao. Nước ngưng đọng sẽ được hứng nhờ máng 14 và dẫn về lại để tiếp tục làm lạnh.

- Buồng tưới
- Cấu tạo
- 1- Quạt ly tâm vận chuyển gió
- 2- Chắn nước
- 3- Lớp vật liệu đệm: Gỗ, Kim loại, sành sứ .
- 4- Cửa lấy gió
- 5- Bơm nước
- 6- Ống nước vào ra
- 7- Dàn làm lạnh nước



Hình 3.7: Buồng phun kiểu tưới.

- Nguyên lý hoạt động
- Không khí bên ngoài được hút vào cửa lấy gió 6 vào buồng tưới nhờ quạt ly tâm 5.
- Ở buồng tưới nó trao đổi nhiệt ẩm với nước được phun từ trên xuống. Để tăng cường làm toại nước và tăng thời gian tiếp xúc giữa nước và không khí người ta thêm lớp vật liệu đệm đặt ở giữa buồng. Vật liệu đệm có thể bằng các ống sắt, gốm, sành sứ, kim loại, gỗ có tác dụng làm toại nước và cản trở nước chuyển động quá nhanh về phía dưới đồng thời tạo nên màng nước.
- Nước được làm lạnh trực tiếp ở ngay máng hứng nhờ dàn lạnh 7.
- Các đặc điểm của buồng tưới
- Hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm không cao lắm do quãng đường đi ngắn.
- Thích hợp cho hệ thống nhỏ và vừa trong công nghiệp.
- Chiếm ít diện tích lắp đặt

5. CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1/ Hãy nêu các thành phần và trạng thái của không khí ẩm?
- 2/ Trình bày các thông số trạng thái của không khí ẩm?
- 3/ Trình bày các thành phần như nhiệt độ, độ ẩm tuyệt đối, độ ẩm tương đối, độ chứa hơi trên đồ thị I-d.
- 4/ Trình bày các đường cơ bản trên đồ thị I-d.
- 5/ Trình bày khái niệm thông gió và khái niệm điều hòa không khí?
- 6/ Giải thích sơ đồ các hệ thống ĐHKK đơn giản.
- 7/ Trình bày các phương pháp và thiết bị xử lý không khí?
- 8/ Trình bày các hệ thống vận chuyển và phân phối không khí?
- 9/ Trình bày các phương pháp lọc bụi và tiêu âm trong ĐHKK?

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Hải và Trần Thế Sơn - *Kỹ thuật nhiệt* - NXB Giáo dục.
2. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuy - *Thông gió và điều hoà không khí* - NXB Khoa học và kỹ thuật.
3. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuy - *Kỹ thuật lạnh cơ sở* - NXB Giáo dục.
4. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tuy - *Kỹ thuật lạnh ứng dụng* - NXB Giáo dục.
4. TS.Trần Đại Tiến - *Bài Tập Kỹ Thuật Nhiệt* - NXB Khoa Học và Kỹ Thuật.
5. Trần Văn Phú - *Giáo trình kỹ thuật nhiệt* - NXB giáo dục - Hà Nội