

## CHƯƠNG VI

# THIẾT BỊ NGUNG TỤ

### 6.1. VAI TRÒ, VỊ TRÍ CỦA CÁC THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT TRONG HỆ THỐNG LẠNH

#### 6.1.1 Vai trò thiết bị ngưng tụ

Thiết bị ngưng tụ có nhiệm vụ ngưng tụ gas quá nhiệt sau máy nén thành môi chất lạnh trạng thái lỏng. Quá trình làm việc của thiết bị ngưng tụ có ảnh hưởng quyết định đến áp suất và nhiệt độ ngưng tụ và do đó ảnh hưởng đến hiệu quả và độ an toàn làm việc của toàn hệ thống lạnh. Khi thiết bị ngưng tụ làm việc kém hiệu quả, các thông số của hệ thống sẽ thay đổi theo chiều hướng không tốt, cụ thể là:

- Năng suất lạnh của hệ thống giảm, tổn thất tiết lưu tăng.
- Nhiệt độ cuối quá trình nén tăng.
- Công nén tăng, mô tơ có thể quá tải
- Độ an toàn giảm do áp suất phía cao áp tăng, rơ le HP có thể tác động ngừng máy nén, van an toàn có thể hoạt động.
- Nhiệt độ cao ảnh hưởng đến dầu bôi trơn như cháy dầu.

#### 6.1.2 Phân loại thiết bị ngưng tụ

Thiết bị ngưng tụ có rất nhiều loại và nguyên lý làm việc cũng rất khác nhau. Người ta phân loại thiết bị ngưng tụ căn cứ vào nhiều đặc tính khác nhau.

##### - Theo môi trường làm mát.

+ Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước. Để làm mát bằng nước cấu tạo của thiết bị thường có dạng bình hoặc dạng dàn nhúng trong các bể.

+ Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước và không khí. Một số thiết bị ngưng tụ trong đó kết hợp cả nước và không khí để giải nhiệt, trong thiết bị kiểu đó vai trò của nước và không khí có khác nhau: nước sử dụng để giải nhiệt cho môi chất lạnh và không khí giải nhiệt cho nước. Ví dụ như dàn ngưng tụ bay hơi, dàn ngưng kiểu tưới vv□

+ Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí. Không khí đối lưu cưỡng bức hoặc tự nhiên qua thiết bị và trao đổi nhiệt với môi chất.

+ Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng chất khác. Có thể thấy thiết bị kiểu này trong các hệ thống máy lạnh ghép tầng, ở đó dàn ngưng chu

trình dưới được làm lạnh bằng môi chất lạnh bay hơi của chu trình trên.

**- Theo đặc điểm cấu tạo:**

- + Bình ngưng tụ giải nhiệt bằng nước.
- + Dàn ngưng tụ bay hơi.
- + Dàn ngưng tụ kiểu tưới.
- + Dàn ngưng tụ làm mát bằng không khí.
- + Dàn ngưng tụ kiểu ống lồng ống.
- + Thiết bị ngưng tụ kiểu tấm bản.

**- Theo đặc điểm đối lưu của không khí:**

- + Thiết bị ngưng tụ làm mát nhờ đối lưu tự nhiên
- + Thiết bị ngưng tụ làm mát nhờ đối lưu cưỡng bức.

Ngoài ra có thể có rất nhiều cách phân chia theo các đặc điểm khác như: theo chiều chuyển động của môi chất lạnh và môi trường giải nhiệt. Về cấu tạo cũng có nhiệt kiểu khác nhau như kiểu ngưng tụ bên ngoài bề mặt ống trao đổi nhiệt, bên trong ống trao đổi nhiệt hoặc trên các bề mặt phẳng.

Dưới đây chúng tôi xin giới thiệu một số thiết bị ngưng tụ thường được sử dụng nhất trong các hệ thống lạnh ở nước ta.

## 6.2. THIẾT BỊ NGƯNG TỤ

### 6.2.1 Bình ngưng giải nhiệt bằng nước

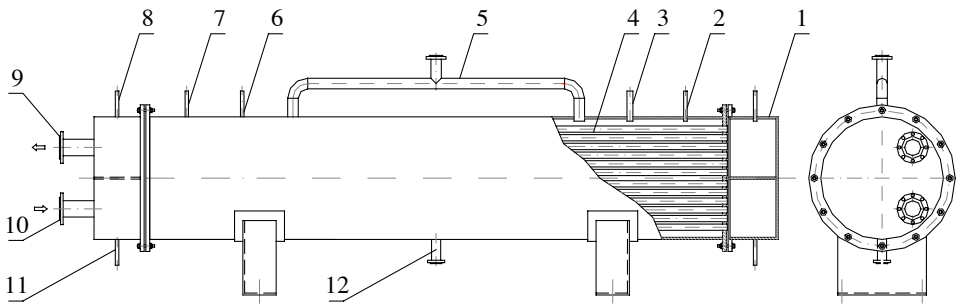
#### 6.2.1.1 Bình ngưng ống chùm nằm ngang

Bình ngưng ống chùm nằm ngang là thiết bị ngưng tụ được sử dụng rất phổ biến cho các hệ thống máy và thiết bị lạnh hiện nay. Môi chất sử dụng có thể là amôniac hoặc frêon. Đối bình ngưng  $NH_3$  các ống trao đổi nhiệt là các ống thép áp lực  $C_{20}$  còn đối với bình ngưng frêon thường sử dụng ống đồng có cánh về phía môi chất lạnh.

#### 1. Bình ngưng ống chùm nằm ngang $NH_3$

Trên hình 6-1 trình bày cấu tạo bình ngưng sử dụng trong các hệ thống lạnh  $NH_3$ . Bình ngưng có thân hình trụ nằm ngang làm từ vật liệu thép  $CT_3$ , bên trong là các ống trao đổi nhiệt bằng thép áp lực  $C_{20}$ . Các ống trao đổi nhiệt được hàn kín hoặc nút lên hai mặt sàng hai đầu. Để có thể hàn hoặc nút các ống trao đổi nhiệt vào mặt sàng, nó phải có độ dày khá lớn từ  $20 \div 30$ mm. Hai đầu thân bình là các nắp bình.

Các nắp bình tạo thành vách phân dòng nước để nước tuần hoàn nhiều lần trong bình ngưng. Mục đích tuần hoàn nhiều lần là để tăng thời gian tiếp xúc của nước và môi chất; tăng tốc độ chuyển động của nước trong các ống trao đổi nhiệt nhằm nâng cao hệ số toả nhiệt  $\alpha$ . Cứ một lần nước chuyển động từ đầu này đến đầu kia của bình thì gọi là một pass. Ví dụ bình ngưng 4 pass, là bình có nước chuyển động qua lại 4 lần (hình 6-2). Một trong những vấn đề cần quan tâm khi chế tạo bình ngưng là bố trí số lượng ống của các pass phải đều nhau, nếu không đều thì tốc độ nước trong các pass sẽ khác nhau, tạo nên tổn thất áp lực không cần thiết.



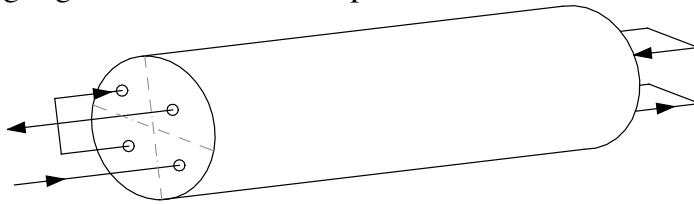
1- Nắp bình; 2- Ống xả khí không ngưng; 3- Ống Cân bằng; 4- Ống trao đổi nhiệt; 5- Ống gas vào; 6- Ống lắp van an toàn; 7- Ống lắp áp kế; 8- Ống xả air của nước; 9- Ống nước ra; 10- Ống nước vào; 11- Ống xả cặn; 12- Ống lỏng về bình chứa

**Hình 6-1 : Bình ngưng ống chùm nằm ngang**

Các trang thiết bị đi kèm theo bình ngưng gồm: van an toàn, đồng hồ áp suất với khoảng làm việc từ  $0 \div 30 \text{ kG/cm}^2$  là hợp lý nhất, đường ống gas vào, đường cân bằng, đường xả khí không ngưng, đường lỏng về bình chứa cao áp, đường ống nước vào và ra, các van xả khí và cặn đường nước. Để gas phân bố đều trong bình trong quá trình làm việc đường ống gas vào phân thành 2 nhánh bố trí 2 đầu bình và đường ống lỏng về bình chứa nằm ở tâm bình.

Nguyên lý làm việc của bình như sau: Gas từ máy nén được đưa vào bình từ 2 nhánh ở 2 đầu và bao phủ lên không gian giữa các ống trao đổi nhiệt và thân bình. Bên trong bình gas quá nhiệt trao đổi nhiệt với nước lạnh chuyển động bên trong các ống trao đổi nhiệt và ngưng tụ lại thành lỏng. Lỏng ngưng tụ bao nhiêu lập tức chảy ngay về bình chứa đặt bên dưới bình ngưng. Một số hệ thống không có bình chứa

cao áp mà sử dụng một phần bình ngưng làm bình chứa. Trong trường hợp này người ta không bố trí các ống trao đổi nhiệt phần dưới của bình. Để lỏng ngưng tụ chảy thuận lợi phải có ống cân bằng nối phần hơi bình ngưng với bình chứa cao áp.



**Hình 6-2: Bố trí đường nước tuần hoàn**

Tùy theo kích cỡ và công suất bình mà các ống trao đổi nhiệt có thể to hoặc nhỏ. Các ống thường được sử dụng là:  $\Phi 27 \times 3$ ,  $\Phi 38 \times 3$ ,  $\Phi 49 \times 3,5$ ,  $\Phi 57 \times 3,5$ .

Từ bình ngưng người ta thường trích đường xả khí không ngưng đưa đến bình xả khí, ở đó khí không ngưng được tách ra khỏi môi chất và thải ra bên ngoài. Trong trường hợp trong bình ngưng có lọt khí không ngưng thì áp suất ngưng tụ sẽ cao hơn bình thường, kim đồng hồ thường bị rung.

Các nắp bình được gắn vào thân bằng bu lông. Khi lắp đặt cần lưu ý 2 đầu bình ngưng có khoảng hở cần thiết để vệ sinh bề mặt bên trong các ống trao đổi nhiệt. Làm kín phía nước bằng roăn cao su, đường ống nối vào nắp bình bằng bích để có thể tháo khi cần vệ sinh và sửa chữa.

Trong quá trình sử dụng bình ngưng cần lưu ý:

- *Định kỳ vệ sinh bình để nâng cao hiệu quả làm việc.* Do quá trình bay hơi nước ở thấp giải nhiệt rất mạnh nên tạp chất tích tụ ngày một nhiều, khi hệ thống hoạt động các tạp chất đi theo nước vào bình và bám lên các bề mặt trao đổi nhiệt làm giảm hiệu quả trao đổi nhiệt. Vệ sinh bình có thể thực hiện bằng nhiều cách: ngâm  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  hoặc  $\text{NaOH}$  để tẩy rửa, sau đó cho nước tuần hoàn nhiều lần để vệ sinh. Tuy nhiên cách này hiệu quả không cao, đặc biệt đối với các loại cấu kiện bám chặt lên bề mặt ống. Có thể vệ sinh bằng cơ khí như buộc các giẻ lau vào dây và hai người đứng hai phía bình kéo qua lại nhiều lần.

Khi lau phải cẩn thận, tránh làm xây xước bề mặt bên trong bình, vì như vậy cặn bẩn lần sau dễ dàng bám hơn.

- *Xả khí không ngưng.*

Khí không ngưng lọt vào hệ thống làm tăng áp suất ngưng tụ do đó cần thường xuyên kiểm tra và tiến hành xả khí không ngưng bình.

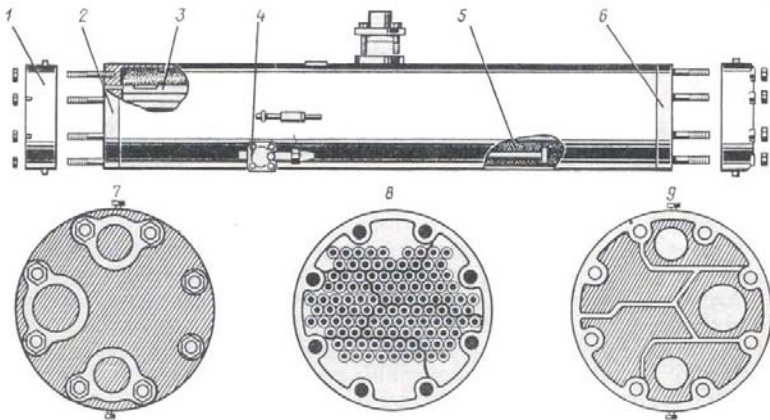
## **2. Bình ngưng môi chất Frêon**

Bình ngưng có ống trao đổi nhiệt bằng thép có thể sử dụng cho hệ thống frêon, nhưng cần lưu ý là các chất frêon có tính tẩy rửa mạnh nên phải vệ sinh bên trong đường ống rất sạch sẽ và hệ thống phải trang bị bộ lọc cơ khí.

Đối với frêon an toàn và hiệu quả nhất là sử dụng bình ngưng ống đồng, vừa loại trừ vấn đề tắc bẩn, vừa có khả năng trao đổi nhiệt tốt hơn, nên kích thước bình gọn.

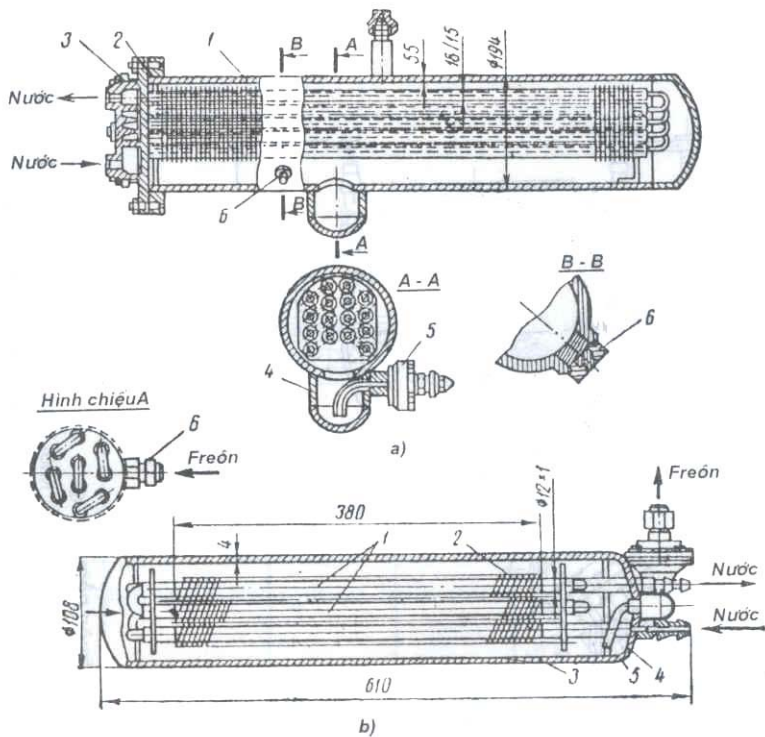
Trên hình 6-3 giới thiệu các loại bình ngưng ống đồng có cánh sử dụng cho môi chất frêon. Các cánh được làm về phía môi chất frêon.

## **3. Ưu nhược điểm và phạm vi sử dụng của bình ngưng ống chùm nằm ngang**



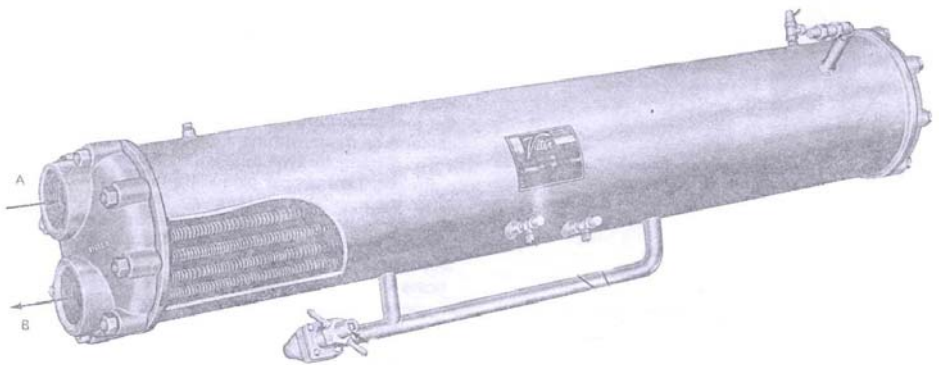
1- Nắp bình, 2,6- Mặt sàng; 3- ống TĐN; 4- Lỗ xả; 5- Không gian giữa các ống

**Hình 6-3a: Bình ngưng frêon**



a): Kiểu mặt bích: 1- Vỏ; 2- Mặt sàng; 3- Nắp; 4- Bầu gom lỏng; 5- Van lấy lỏng; 6- Nút an toàn. b) Kiểu hàn : 1- ống trao đổi nhiệt có cánh; 2- Cánh tản nhiệt; 3- Vỏ; 4- Vỏ hàn vào ống xoắn; 5- Lỏng frêon ra; 6- Hơi frêon vào

**Hình 6-3b: Bình ngưng frêon**



**Hình 6-3c: Bình ngưng frêon**

### ***\* Ưu điểm***

- Bình ngưng ống chùm nằm ngang, giải nhiệt bằng nước nên hiệu quả giải nhiệt cao, mật độ dòng nhiệt khá lớn  $q = 3000 \div 6000 \text{ W/m}^2$ ,  $k = 800 \div 1000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , độ chênh nhiệt độ trung bình  $\Delta t = 5 \div 6 \text{ K}$ . Dễ dàng thay đổi tốc độ nước trong bình để có tốc độ thích hợp nhằm nâng cao hiệu quả trao đổi nhiệt, bằng cách tăng số pass tuần hoàn nước.

- Hiệu quả trao đổi nhiệt khá ổn định, ít phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường.

- Cấu tạo chắc chắn, gọn và rất tiện lợi trong việc lắp đặt trong nhà, có suất tiêu hao kim loại nhỏ, khoảng  $40 \div 45 \text{ kg/m}^2$  diện tích bề mặt trao đổi nhiệt, hình dạng đẹp phù hợp với yêu cầu thẩm mỹ công nghiệp.

- Dễ chế tạo, lắp đặt, vệ sinh, bảo dưỡng và vận hành.

- Có thể sử dụng một phần của bình để làm bình chứa, đặc biệt tiện lợi trong các hệ thống lạnh nhỏ, ví dụ như hệ thống kho lạnh.

- Ít hư hỏng và tuổi thọ cao: Đối với các loại dàn ngưng tụ kiểu khác, các ống sắt thường xuyên phải tiếp xúc môi trường nước và không khí nên tốc độ ăn mòn ống trao đổi nhiệt khá nhanh. Đối với bình ngưng, do thường xuyên chứa nước nên bề mặt trao đổi nhiệt hầu như luôn luôn ngập trong nước mà không tiếp xúc với không khí. Vì vậy tốc độ ăn mòn diễn ra chậm hơn nhiều.

### ***\* Nhược điểm***

- Đối với hệ thống lớn sử dụng bình ngưng không thích hợp vì khi đó đường kính bình quá lớn, không đảm bảo an toàn. Nếu tăng độ dày thân bình sẽ rất khó gia công chế tạo. Vì vậy các nhà máy công suất lớn, ít khi sử dụng bình ngưng.

- Khi sử dụng bình ngưng, bắt buộc trang bị thêm hệ thống nước giải nhiệt gồm: Tháp giải nhiệt, bơm nước giải nhiệt, hệ thống đường ống nước, thiết bị phụ đường nước vv□ nên tăng chi phí đầu tư và vận hành. Ngoài buồng máy, yêu cầu phải có không gian thoáng bên ngoài để đặt tháp giải nhiệt. Quá trình làm việc của tháp luôn luôn kéo theo bay hơi nước đáng kể, nên chi phí nước giải nhiệt khá lớn, nước thường làm ẩm ướt khu lân cận, vì thế nên bố trí xa các công trình.

- Kích thước bình tuy gọn, nhưng khi lắp đặt bắt buộc phải để dành khoảng không gian cần thiết hai đầu bình để vệ sinh và sửa chữa khi cần thiết.

- Quá trình bám bẩn trên bề mặt đường ống tương đối nhanh, đặc biệt khi chất lượng nguồn nước kém.

Khi sử dụng bình ngưng ống vỏ nằm ngang cần quan tâm chú ý hiện tượng bám bẩn bề mặt bên trong các ống trao đổi nhiệt, trong trường hợp này cần vệ sinh bằng hoá chất hoặc cơ khí. Thường xuyên xả cặn bẩn đọng lại ở thấp giải nhiệt và bổ sung nước mới. Xả khí và cặn đường nước.

### **6.2.1.2 Bình ngưng ống vỏ thẳng đứng**

#### **1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc**

Để tiết kiệm diện tích lắp đặt người ta sử dụng bình ngưng ống vỏ đặt đứng. Cấu tạo tương tự bình ngưng ống chùm nằm ngang, gồm có: vỏ bình hình trụ thường được chế tạo từ thép CT<sub>3</sub>, bên trong là các ống trao đổi nhiệt thép áp lực C<sub>20</sub>, kích cỡ  $\Phi 57 \times 3,5$ , bố trí đều, được hàn hoặc núc vào các mặt sàng. Nước được bơm bơm lên máng phân phối nước ở trên cùng và chảy vào bên trong các ống trao đổi nhiệt. Để nước chảy theo thành ống trao đổi nhiệt, ở phía trên các ống trao đổi nhiệt có đặt các ống hình côn. Phía dưới bình có máng hứng nước. Nước sau khi giải nhiệt xong thường được xả bỏ. Hơi quá nhiệt sau máy nén đi vào bình từ phía trên. Lồng ngưng tụ chảy xuống phần dưới của bình giữa các ống trao đổi nhiệt và chảy ra bình chứa cao áp. Bình ngưng có trang bị van an toàn, đồng hồ áp suất, van xả khí, kính quan sát mức lỏng.

Trong quá trình sử dụng bình ngưng ống vỏ thẳng đứng cần lưu ý những hư hỏng có thể xảy ra như sự bám bẩn bên trong các ống trao đổi nhiệt, các cửa nước vào các ống trao đổi nhiệt khá hẹp nên dễ bị tắc, cần định kỳ kiểm tra sửa chữa. Việc vệ sinh bình ngưng tương đối phức tạp. Ngoài ra khi lọt khí không ngưng vào bình thì hiệu quả làm việc giảm, áp suất ngưng tụ tăng vì vậy phải tiến hành xả khí không ngưng thường xuyên. Bình ngưng ống vỏ thẳng đứng ít sử dụng ở nước ta do có một số nhược điểm quan trọng.



## 2. Ưu nhược điểm và phạm vi sử dụng

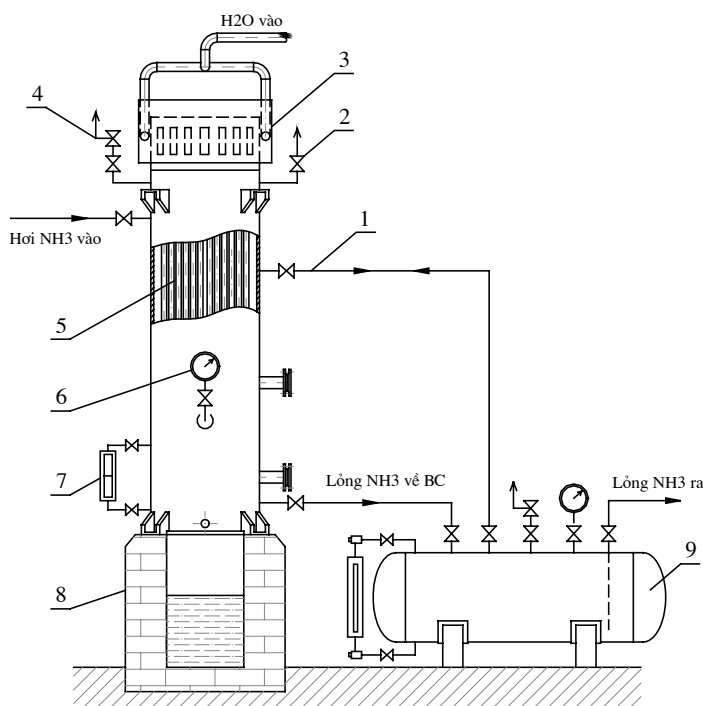
### \* Ưu điểm

- Hiệu quả trao đổi nhiệt khá lớn, phụ tải nhiệt của bình đạt  $4500 \text{ W/m}^2$  ở độ chênh nhiệt độ  $4\div 5\text{K}$ , tương ứng hệ số truyền nhiệt  $k = 800\div 1000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

- Thích hợp cho hệ thống công suất trung bình và lớn, không gian lắp đặt chật hẹp, phải bố trí bình ngưng ở ngoài trời.

- Do các ống trao đổi nhiệt đặt thẳng đứng nên khả năng bám bẩn ít hơn so với bình ngưng ống chùm nằm ngang, do đó không yêu cầu chất lượng nguồn nước cao lắm.

- Do kết cấu thẳng đứng nên lỏng môi chất và dầu chảy ra ngoài khá thuận lợi, việc thu hồi dầu cũng dễ dàng. Vì vậy bề mặt trao đổi nhiệt nhanh chóng được giải phóng để cho môi chất làm mát.



1- Ống cân bằng, 2- Xả khí không ngưng, 3- Bộ phân phối nước, 4- Van an toàn; 5- Ống TĐN, 6- áp kế, 7- Ống thủy, 8- Bể nước, 9- Bình chứa cao áp

**Hình 6-4 : Bình ngưng ống vỏ thẳng đứng**

### **\* Nhược điểm**

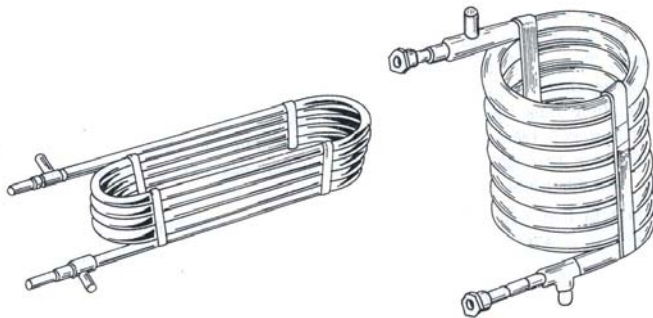
- Vận chuyển, lắp đặt, chế tạo, vận hành tương đối phức tạp.
- Lượng nước tiêu thụ khá lớn nên chỉ thích hợp những nơi có nguồn nước dồi dào và rẻ tiền.
- Đối với hệ thống rất lớn sử dụng bình ngưng kiểu này không thích hợp, do kích thước công kênh, đường kính bình quá lớn không đảm bảo an toàn.

### **6.2.1.3 Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng ống**

#### **1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc**

Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng ống cũng là dạng thiết bị ngưng tụ giải nhiệt bằng nước, chúng được sử dụng rất rộng rãi trong các máy lạnh nhỏ, đặc biệt trong các máy điều hoà không khí công suất trung bình.

Thiết bị gồm 02 ống lồng vào nhau và thường được cuộn lại cho gọn. Nước chuyển động ở ống bên trong, môi chất lạnh chuyển động ngược lại ở phần không gian giữa các ống. Ống thường sử dụng là ống đồng (hệ thống frêon) và có thể sử dụng ống thép.

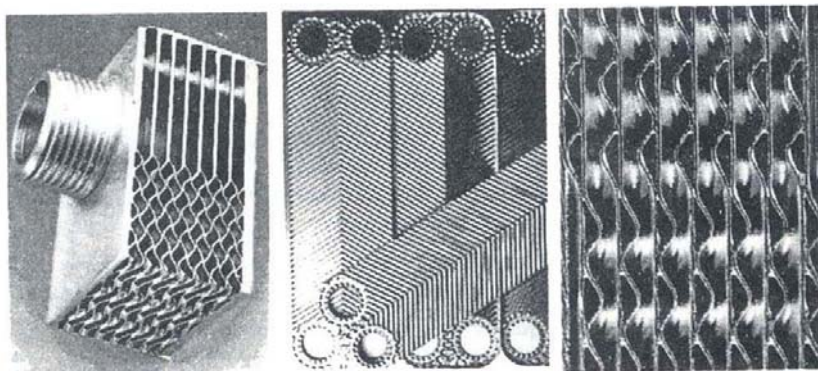
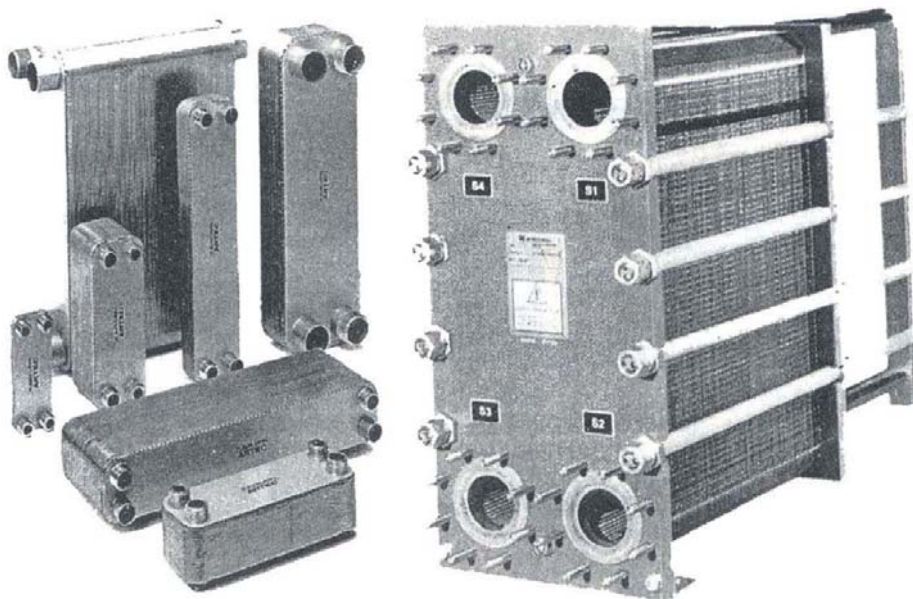


**Hình 6-5: Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng ống**

#### **2 Ưu điểm và nhược điểm**

Có hiệu quả trao đổi nhiệt khá lớn, gọn . Tuy nhiên chế tạo tương đối khó khăn, các ống lồng vào nhau sau đó được cuộn lại cho gọn, nếu không có các biện pháp chế tạo đặc biệt, các ống dễ bị móp, nhất là ống lớn ở ngoài, dẫn đến tiết diện bị co thắt, ảnh hưởng đến sự lưu chuyển của môi chất bên trong. Do môi chất chỉ chuyển động vào ra một ống duy nhất nên lưu lượng nhỏ, thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng ống chỉ thích hợp đối với hệ thống nhỏ và trung bình.

### 6.2.1.4 Thiết bị ngưng tụ kiểu tấm bản



**Hình 6-6: Thiết bị ngưng tụ kiểu tấm bản**

#### **1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc**

Thiết bị ngưng tụ kiểu tấm bản được ghép từ nhiều tấm kim loại ép chặt với nhau nhờ hai nắp kim loại có độ bề cao. Các tấm được dập gợn sóng. Môi chất lạnh và nước giải nhiệt được bố trí đi xen kẽ nhau.

Cấu tạo gọn sóng có tác dụng làm rối dòng chuyển động của môi chất và tăng hệ số truyền nhiệt đồng thời tăng độ bền của nó. Các tấm bản có chiều dày khá mỏng nên nhiệt trở dẫn nhiệt bé, trong khi diện tích trao đổi nhiệt rất lớn. Thường cứ 02 tấm được hàn ghép với nhau thành một panel. Môi chất chuyển động bên trong, nước chuyển động ở khoảng hở giữa các panel khi lắp đặt.

Trong quá trình sử dụng cần lưu ý hiện tượng bám bản ở bề mặt ngoài các panel (phía đường nước) nên cần định kỳ mở ra vệ sinh hoặc sử dụng nguồn nước có chất lượng cao. Có thể vệ sinh cấu bản bên trong bằng hoá chất, sau khi rửa hoá chất cần trung hoà và rửa sạch để không gây ăn mòn làm hỏng các panel.

## ***2 Ưu điểm và nhược điểm***

### ***\* Ưu điểm:***

- Do được ghép từ các tấm bản mỏng nên diện tích trao đổi nhiệt khá lớn, cấu tạo gọn.
- Dễ dàng tháo lắp để vệ sinh sửa chữa và thay thế. Có thể thêm bớt một số panel để thay đổi công suất giải nhiệt một cách dễ dàng.
- Hiệu quả trao đổi nhiệt cao, tương đương bình ngưng ống vỏ amôniac,

### ***\* Nhược điểm:***

- Chế tạo khó khăn. Cho đến nay chỉ có các hãng nước ngoài là có khả năng chế tạo các dàn ngưng kiểu tấm bản. Do đó thiếu các phụ tùng có sẵn để thay thế sửa chữa.
- Khả năng rò rỉ đường nước khá lớn do số đệm kín nhiều.

## **6.2.2 Thiết bị ngưng tụ giải nhiệt bằng nước và không khí**

Thiết bị ngưng tụ làm mát kết hợp giữa nước và không khí tiêu biểu nhất là thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi và thiết bị ngưng tụ kiểu tưới.

Khác với thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước phải trang bị thêm các tháp giải nhiệt, bơm nước và hệ thống ống dẫn nước giải nhiệt, thiết bị ngưng tụ giải nhiệt bằng nước và không khí kết hợp không cần trang bị các thiết bị đó, nước ở đây đã được không khí làm nguội trực tiếp trong quá trình trao đổi nhiệt với môi chất lạnh.

### ***6.2.2.1 Thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi***

#### ***1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc***

Trên hình 6-7 trình bày cấu tạo của dàn ngưng tụ bay hơi. Dàn ngưng gồm một cụm ống trao đổi nhiệt ống thép áp lực  $C_{20}$ . Kích cỡ ống thường được sử dụng là  $\Phi 38 \times 3,5$ ;  $\Phi 49 \times 3,5$  và  $\Phi 57 \times 3,5$ . Toàn bộ cụm ống được đặt trên khung thép U vững chắc, phía dưới là bể nước tuần hoàn để giải nhiệt, phía trên là dàn phun nước, bộ chấn nước và quạt hút gió. Để chống ăn mòn, các ống trao đổi nhiệt được nhúng kèm nóng bề mặt bên ngoài.

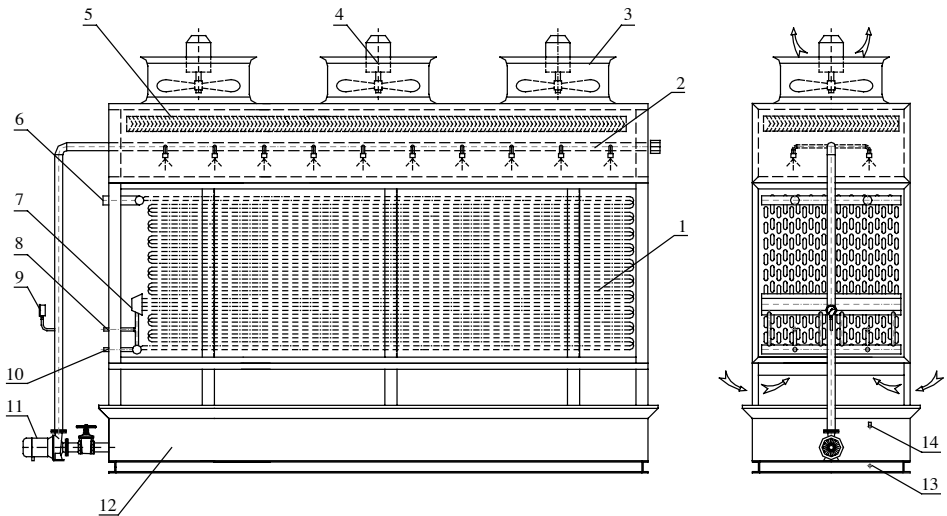
Hơi môi chất đi vào ống góp hơi ở phía trên vào dàn ống trao đổi nhiệt và ngưng tụ rồi chảy về bình chứa cao áp ở phía dưới. Thiết bị được làm mát nhờ hệ thống nước phun từ các vòi phun được phân bố đều ở ngay phía trên cụm ống trao đổi nhiệt. Nước sau khi trao đổi nhiệt với môi chất lạnh, nóng lên và được giải nhiệt nhờ không khí chuyển động ngược lại từ dưới lên, do vậy nhiệt độ của nước hầu như không đổi. Toàn bộ nhiệt  $Q_k$  của môi chất đã được không khí mang thải ra ngoài. Không khí chuyển động cưỡng bức nhờ các quạt đặt phía trên hoặc phía dưới. Đặt quạt phía dưới (quạt thổi), thì trong quá trình làm việc không sợ quạt bị nước làm ướt, trong khi đặt phía trên (quạt hút) dễ bị nước cuốn theo làm ướt và giảm tuổi thọ. Tuy nhiên đặt phía trên gọn và dễ chế tạo hơn nên thường được sử dụng. Trong quá trình trao đổi nhiệt một lượng khá lớn nước bốc hơi và bị cuốn theo không khí, do vậy phải thường xuyên cấp nước bổ sung cho bể. Phương pháp cấp nước là hoàn toàn tự động nhờ van phao. Bộ chấn nước có tác dụng chặn các giọt nước bị cuốn theo không khí ra ngoài, nhờ vậy tiết kiệm nước và tránh làm ướt quạt. Bộ chấn nước được làm bằng tôn mỏng và được gập theo đường dích dắc, không khí khi qua bộ chấn va đập vào các tấm chấn và đồng thời rẽ dòng liên tục nên các hạt nước mất quá tính và rơi xuống lại phía dưới.

Sau khi tuần hoàn khoảng  $2/3$  dàn ống trao đổi nhiệt, một phần lớn gas đã được hoá lỏng, để nâng cao hiệu quả trao đổi nhiệt cần tách lượng lỏng này trước, giải phóng bề mặt trao đổi nhiệt phía sau cho lượng hơi chưa ngưng còn lại. Vì vậy ở vị trí này người ta bố trí ống góp lỏng trung gian, để gom dịch lỏng cho chảy thẳng về ống góp lỏng phía dưới và trực tiếp ra bình chứa, phần hơi còn lại tiếp tục luân chuyển theo  $1/3$  cụm ống còn lại.

Toàn bộ phía ngoài dàn ống và cụm dàn phun đều có vỏ bao che bằng tôn tráng kẽm.

Ống góp lỏng trung gian cũng được sử dụng làm nơi đặt ống cân bằng.

Trước đây ở nhiều xí nghiệp đông lạnh nước ta thường hay sử dụng các dàn ngưng tụ bay hơi sử dụng quạt ly tâm đặt phía dưới. Tuy nhiên chúng tôi nhận thấy các quạt này có công suất mô tơ khá lớn, rất tốn kém.



1- Ống trao đổi nhiệt; 2- Dàn phun nước; 3- Lòng quạt; 4- Mô tơ quạt;  
5- Bộ chắn nước; 6- Ống gas vào; 7- Ống góp; 8- Ống cân bằng; 9- Đồng hồ áp suất; 10- Ống lỏng ra; 11- Bơm nước; 12- Máng hứng nước;  
13- Xả đáy bể nước; 14- Xả tràn

**Hình 6-7: Thiết bị ngưng tụ bay hơi**

Năng suất nhiệt riêng của dàn ngưng kiểu tưới không cao lắm, khoảng  $1900 \div 2300 \text{ W/m}^2$ , hệ số truyền nhiệt  $k = 450 \div 600 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

Trong quá trình sử dụng cần lưu ý, các mũi phun có kích thước nhỏ nên dễ bị tắc bần. Khi một số mũi bị tắc thì một số vùng của cụm ống trao đổi nhiệt không được làm mát tốt, hiệu quả trao đổi nhiệt giảm rõ rệt, áp suất ngưng tụ sẽ lớn bất thường. Vì vậy phải luôn luôn kiểm tra, vệ sinh hoặc thay thế các vòi phun bị hỏng. Cũng như bình ngưng, mặt ngoài các cụm ống trao đổi nhiệt sau một thời gian làm việc cũng có hiện tượng bám bần, ăn mòn nên phải định kỳ vệ sinh và sửa chữa thay thế.

## **2 Ưu điểm và nhược điểm**

### **\* Ưu điểm**

- Do cấu tạo dạng dàn ống nên công suất của nó có thể thiết kế đạt rất lớn mà không bị hạn chế vì bất cứ lý do gì. Hiện nay nhiều xí nghiệp chế biến thủy sản nước ta sử dụng dàn ngưng tụ bay hơi công suất đạt từ 600÷1000 kW.

- So với các thiết bị ngưng tụ kiểu khác, dàn ngưng tụ bay hơi ít tiêu tốn nước hơn, vì nước sử dụng theo kiểu tuần hoàn.

- Các dàn ống kích cỡ nhỏ nên làm việc an toàn.

- Dễ dàng chế tạo, vận hành và sửa chữa.

### **\* Nhược điểm**

- Do năng suất lạnh riêng bé nên suất tiêu hao vật liệu khá lớn.

- Các cụm ống trao đổi nhiệt thường xuyên tiếp xúc với nước và không khí, đó là môi trường ăn mòn mạnh, nên chóng bị hỏng. Do đó bắt buộc phải nhúng kẽm nóng để chống ăn mòn.

- Nhiệt độ ngưng tụ phụ thuộc vào trạng thái khí tượng và thay đổi theo mùa trong năm.

- Chỉ thích hợp lắp đặt ngoài trời, trong quá trình làm việc, khu vực nền và không gian xung quanh thường bị ẩm ướt, vì vậy cần lắp đặt ở vị trí riêng biệt tách hẳn các công trình.

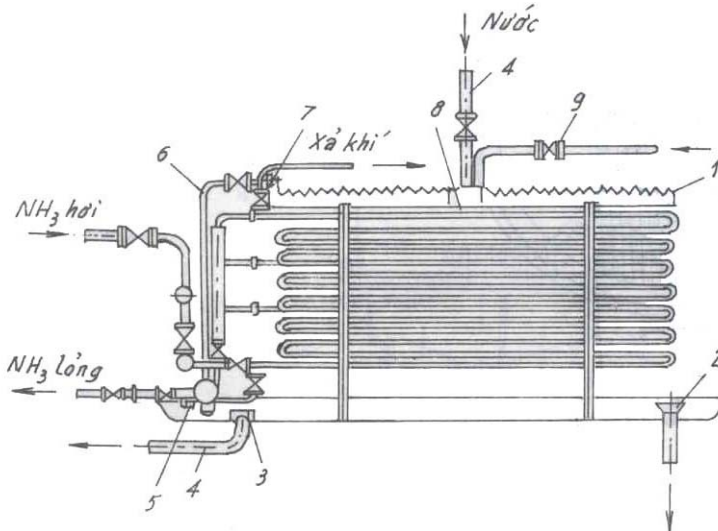
### **6.2.2.2 Dàn ngưng kiểu tưới**

#### **1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc**

Trên hình 6-8 trình bày cấu tạo dàn ngưng kiểu tưới. Dàn gồm một cụm ống trao đổi nhiệt ống thép nhúng kẽm nóng để trần, không có vỏ bao che, có rất nhiều ống góp ở hai đầu. Phía trên dàn là một máng phân phối nước hoặc dàn ống phun, phun nước xuống. Dàn ống thường được đặt ngay phía trên một bể chứa nước. Nước được bơm bơm từ bể lên máng phân phối nước trên cùng. Máng phân phối nước được làm bằng thép và có đục rất nhiều lỗ hoặc có dạng răng cưa. Nước sẽ chảy tự do theo các lỗ và xối lên dàn ống trao đổi nhiệt. Nước sau khi trao đổi nhiệt được không khí đối lưu tự nhiên giải nhiệt trực tiếp ngay trên dàn. Để tăng cường giải nhiệt cho nước ở nắp bể người ta đặt lưới hoặc các tấm tre đan.

Gas quá nhiệt đi vào dàn ống từ phía trên, ngưng tụ dần và chảy ra ống góp lỏng phía dưới, sau đó được dẫn ra bình chứa cao áp. Ở trên cùng của dàn ngưng có lắp đặt van an toàn, đồng hồ áp suất và van xả khí không ngưng.

Dàn ngưng tụ kiểu tưới cũng có các ống trích lỏng trung gian để giải phóng bề mặt trao đổi nhiệt phía dưới, tăng hiệu quả trao đổi nhiệt.



**6-8: Dàn ngưng tụ kiểu tưới**

Trong quá trình hoạt động cần lưu ý các hư hỏng có thể xảy ra đối với dàn ngưng tụ kiểu tưới như sau:

- Hiện tượng bám bẩn và ăn mòn bề mặt.
- Cặn bẩn đọng lại trong bể hứng nước cần phải xả bỏ và vệ sinh bể thường xuyên.
- Các lỗ phun bị tắc cần phải kiểm tra và vệ sinh.
- Nhiệt độ nước trong bể tăng cao, ảnh hưởng đến quá trình trao đổi nhiệt, nên luôn luôn xả bỏ một phần và bổ sung nước mới lạnh hơn.

## 2 Ưu điểm và nhược điểm

### \* Ưu điểm

- Hiệu quả trao đổi nhiệt cao, hệ số truyền nhiệt đạt  $700 \div 900 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Mặt khác do cấu tạo, ngoài dàn ống trao đổi nhiệt ra, các thiết bị phụ khác như khung đỡ, bao che hầu như không có nên suất tiêu hao kim loại nhỏ, giá thành rẻ.
- Cấu tạo đơn giản, chắc chắn, dễ chế tạo và có khả năng sử dụng cả nguồn nước bẩn vì dàn ống để trần rất dễ vệ sinh. Vì vậy dàn ngưng



kiểu tưới rất thích hợp khu vực nông thôn, nơi có nguồn nước phong phú, nhưng chất lượng không cao.

- So với bình ngưng ống vỏ, lượng nước tiêu thụ không lớn. Nước rơi tự do trên dàn ống để trần hoàn toàn nên nhả nhiệt cho không khí phần lớn, nhiệt độ nước ở bể tăng không đáng kể, vì vậy lượng nước bổ sung chỉ chiếm khoảng 30% lượng nước tuần hoàn.

**\* Nhược điểm**

- Trong quá trình làm việc, nước bắn tung toé xung quanh, nên dàn chỉ có thể lắp đặt bên ngoài trời, xa hẳn khu nhà xưởng.

- Cùng với bình ngưng ống vỏ, dàn ngưng kiểu tưới tiêu thụ nước khá nhiều do phải thường xuyên xả bỏ nước.

- Do tiếp xúc thường xuyên với nước và không khí, trong môi trường ẩm như vậy nên quá trình ăn mòn diễn ra rất nhanh, nếu dàn ống không được nhúng kẽm nóng sẽ rất nhanh chóng bị bục, hư hỏng.

- Hiệu quả giải nhiệt chịu ảnh hưởng của môi trường khí hậu.

### **6.2.3 Dàn ngưng giải nhiệt bằng không khí**

#### **1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc**

Dàn ngưng không khí được chia ra làm 02 loại : đối lưu tự nhiên và đối lưu cưỡng bức.

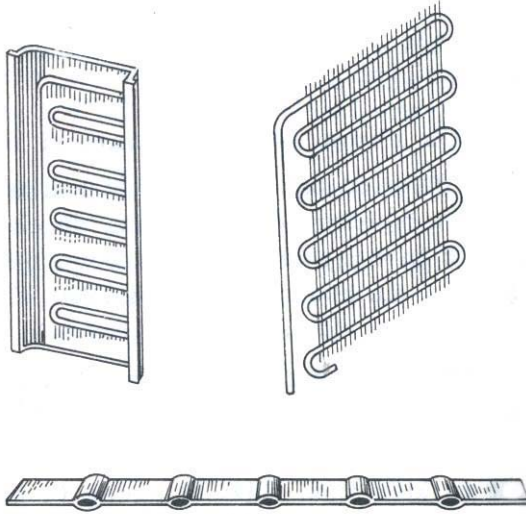
**\* Dàn ngưng đối lưu tự nhiên**

Loại dàn ngưng đối lưu tự nhiên chỉ sử dụng trong các hệ thống rất nhỏ, ví dụ như tủ lạnh gia đình, tủ lạnh thương nghiệp. Các dàn này có cấu tạo khá đa dạng.

- Dạng ống xoắn có cánh là các sợi dây thép hàn vuông góc với các ống xoắn. Môi chất chuyển động trong ống xoắn và trao đổi nhiệt với không khí bên ngoài. Loại này hiệu quả không cao và hay sử dụng trong các tủ lạnh gia đình trước đây.

- Dạng tấm: Gồm tấm kim loại sử dụng làm cánh tản nhiệt, trên đó có hàn đính ống xoắn bằng đồng .

- Dạng panel: Nó gồm 02 tấm nhôm dày khoảng 1,5mm, được tạo rãnh cho môi chất chuyển động tuần hoàn. Khi chế tạo, người ta cán nóng hai tấm lại với nhau, ở khoảng tạo rãnh, người ta bôi môi chất đặc biệt để 02 tấm không dính vào nhau, sau đó thổi nước hoặc không khí áp lực cao (khoảng 40÷100 bar) trong các khuôn đặc biệt, hai tấm sẽ phồng lên thành rãnh.



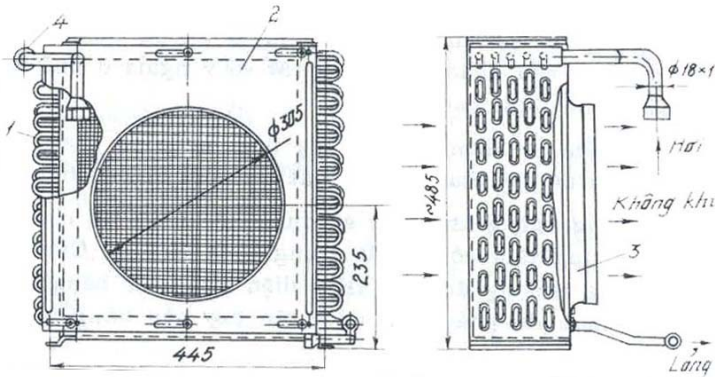
**Hình 6-9 : Dàn ngưng không khí đối lưu tự nhiên**

Hệ số truyền nhiệt của thiết bị ngưng tụ đối lưu gió tự nhiên khoảng  $6 \div 7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

**\* Dàn ngưng đối lưu cưỡng bức**

Dàn ngưng tụ không khí đối lưu cưỡng bức được sử dụng rất rộng rãi trong đời sống và công nghiệp. Cấu tạo gồm một dàn ống trao đổi nhiệt bằng ống thép hoặc ống đồng có cánh nhôm hoặc cánh sắt bên ngoài, bước cánh nằm trong khoảng  $3 \div 10 \text{ mm}$ . Không khí được quạt thổi, chuyển động ngang bên ngoài qua dàn ống với tốc độ khá lớn. Quạt dàn ngưng thường là quạt kiểu hướng trục. Mật độ dòng nhiệt của dàn ngưng không khí đạt khoảng  $180 \div 340 \text{ W/m}^2$ , hệ số truyền nhiệt  $k = 30 \div 35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , hiệu nhiệt độ  $\Delta t = 7 \div 8^\circ \text{C}$

Trong quá trình sử dụng cần lưu ý: Dàn ngưng thường bụi bám bụi bẩn, giảm hiệu quả trao đổi nhiệt nên thường xuyên vệ sinh bằng chổi hoặc nước. Khi khí không ngưng lọt vào bên trong dàn sẽ làm tăng áp suất ngưng tụ. Cần che chắn nắng cho dàn ngưng, tránh đặt vị trí chịu nhiều bức xạ mặt trời ảnh hưởng đến hiệu quả trao đổi nhiệt.



1- ống trao đổi nhiệt; 2- Vỏ dàn; 3- ống lắp quạt; 4- Hơi ra



**Hình 6-10 : Dàn ngưng không khí đôi cưỡng bức**

## **2 Ưu điểm và nhược điểm**

### **\* Ưu điểm**

- Không sử dụng nước nên chi phí vận hành giảm. Điều này rất phù hợp ở những nơi thiếu nước như khu vực thành phố và khu dân cư đông đúc.

- Không sử dụng hệ thống bơm, tháp giải nhiệt, vừa tốn kém lại gây ẩm ướt khu vực nhà xưởng. Dàn ngưng không khí ít gây ảnh hưởng đến xung quanh và có thể lắp đặt ở nhiều vị trí trong công trình như treo tường, đặt trên nóc nhà vv . . .

- Hệ thống sử dụng dàn ngưng không khí có trang thiết bị đơn giản hơn và dễ sử dụng.

- So với các thiết bị ngưng tụ giải nhiệt bằng nước, dàn ngưng không khí ít hư hỏng và ít bị ăn mòn.

### **\* Nhược điểm**

- Mật độ dòng nhiệt thấp, nên kết cấu khá cồng kềnh và chỉ thích hợp cho hệ thống công suất nhỏ và trung bình.

- Hiệu quả giải nhiệt phụ thuộc nhiều vào điều kiện khí hậu. Những ngày nhiệt độ cao áp suất ngưng tụ lên rất cao Ví dụ, hệ thống sử dụng R22, ở miền Trung, những ngày hè nhiệt độ không khí ngoài trời có thể đạt 40°C, tương ứng nhiệt độ ngưng tụ có thể đạt 48°C, áp suất ngưng tụ tương ứng là 18,5 bar, bằng giá trị đặt của rơ le áp suất cao. Nếu trong những ngày này không có những biện pháp đặc biệt thì hệ thống không thể hoạt động được do rơ le HP tác động. Đối với dàn ngưng trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên hiệu quả còn thấp nữa.

### 6.3 TÍNH TOÁN THIẾT BỊ NGƯNG TỤ

Có hai bài toán tính toán thiết bị ngưng tụ : Tính kiểm tra và tính thiết kế

Tính toán thiết bị ngưng tụ là xác định diện tích bề mặt trao đổi nhiệt cần thiết để đáp ứng phụ tải nhiệt đã cho.

- Thông số ban đầu:

+ Điều kiện khí hậu nơi lắp đặt công trình

+ Loại thiết bị ngưng tụ

+ Phụ tải nhiệt yêu cầu  $Q_k$

- Thông số cần xác định : Diện tích trao đổi nhiệt, bố trí và kết cấu thiết bị ngưng tụ. Đối với bình ngưng cần thiết phải xác định cả độ dày của bình. Ngoài ra còn phải xác định lưu lượng môi chất giải nhiệt, chọn hoặc kiểm tra bơm quạt.

#### 6.3.1 Các bước tính toán thiết bị ngưng tụ

##### 1. Chọn loại thiết bị ngưng tụ

Khi tính toán thiết kế cần phải tiến hành chọn thiết bị ngưng tụ cho phù hợp. Việc lựa chọn dựa trên nhiều tiêu chí khác nhau như mức độ đáp ứng của loại thiết bị ngưng tụ, tính kinh tế, đặc điểm công trình vv□

##### 2. Tính diện tích trao đổi nhiệt

$$F = \frac{Q_k}{k \cdot \Delta t_k} = \frac{Q_k}{q_{kf}}, m^2 \quad (6-1)$$

$Q_k$  — Phụ tải nhiệt yêu cầu của thiết bị ngưng tụ, W;

$k$  — Hệ số truyền nhiệt, W/m<sup>2</sup>.K;

$\Delta t_k$  -Độ chênh nhiệt độ trung bình logarit, °K;

$q_{kf}$  — Mật độ dòng nhiệt, W/m<sup>2</sup>.

**a. Xác định hệ số truyền nhiệt k**

Hệ số truyền nhiệt k có thể xác định theo kinh nghiệm và muốn chính xác hơn xác định theo lý thuyết. Tuy nhiên các bài toán thực tế luôn phức tạp nên thường người ta tính theo kinh nghiệm. Có thể tham khảo theo bảng dưới đây:

**Bảng 6-1: Hệ số truyền nhiệt và mật độ dòng nhiệt của các loại thiết bị ngưng tụ**

STT	Kiểu thiết bị ngưng tụ	k (W/m <sup>2</sup> .K)	q <sub>f</sub> ( W/m <sup>2</sup> )	Δt ( °C )
1	- Bình ngưng ống chùm nằm ngang NH <sub>3</sub>	700 ÷	3500÷4500	5÷6
2	- Bình ngưng ống vỏ thẳng đứng NH <sub>3</sub>	1000	4200	5÷6
3	- Bình ngưng nằm ngang freôn	800	3600	5÷6
4	- Dàn ngưng kiểu tưới	700	3500÷4650	5÷6
5	- Dàn ngưng tụ bay hơi	700 ÷ 930	1500÷2100	3
6	- Dàn ngưng không khí	500 ÷ 700 30	240÷300	8÷10

Do bề mặt trao đổi nhiệt thiết bị ngưng tụ rất khác nhau nên công thức xác định hệ số truyền nhiệt cũng khác nhau. Các trường hợp thường gặp là vách trụ, vách phẳng, vách trụ có cánh.

Trong trường hợp vách trụ, hệ số truyền nhiệt được tính theo công thức:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\pi \cdot d_1 \cdot \alpha_1} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\pi \cdot d_2 \cdot \alpha_2}}, W / m.K \quad (6-2)$$

trong đó:

$\alpha_1, \alpha_2$  — Hệ số toả nhiệt bên trong và ngoài ống trao đổi nhiệt, W/m<sup>2</sup>.K;

$d_1, d_2$  - Đường kính trong và ngoài ống trao đổi nhiệt, mm;

$\lambda$  - Hệ số dẫn nhiệt vật liệu ống, W/m.K .

**b. Xác định độ chênh nhiệt độ trung bình logarit**

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (6-3)$$

$\Delta t_{\max}$ ,  $\Delta t_{\min}$  - Hiệu nhiệt độ lớn nhất và bé nhất ở đầu vào và đầu ra của thiết bị trao đổi nhiệt

**c. Xác định lưu lượng nước hoặc không khí giải nhiệt**

**\* Lưu lượng nước**

Lưu lượng nước tuần hoàn được xác định theo công thức sau:

$$G_n = \frac{Q_k}{C_n \cdot \rho_n \cdot \Delta t_n}, \text{ kg/s} \quad (6-4)$$

$C_n$  — Nhiệt dung riêng của nước,  $C_n = 4,186 \text{ kJ/kg.K}$ ;

$\rho_n$  — Khối lượng riêng của nước,  $\text{kg/m}^3$ ,  $\rho_n \approx 1000 \text{ kg/m}^3$ ;

$\Delta t_n$  - Độ chênh nhiệt độ của nước vào và ra thiết bị ngưng tụ, lấy  $\Delta t_n = 4 \div 6 \text{ }^\circ\text{C}$

**\* Lưu lượng không khí**

Lưu lượng không khí giải nhiệt được xác định theo công thức sau:

$$G_{KK} = \frac{Q_k}{C_{KK} \cdot \rho_{KK} \cdot \Delta t_{KK}}, \text{ kg/s} \quad (6-5)$$

$C_{KK}$  — Nhiệt dung riêng của không khí,  $C_{KK} = 1,0 \text{ kJ/kg.K}$ ;

$\rho_{KK}$  — Khối lượng riêng của không khí,  $\text{kg/m}^3$ ,  $\rho_{KK} = 1,15 \div 1,2 \text{ kg/m}^3$ ;

$\Delta t_{KK}$  - Độ chênh nhiệt độ của không khí vào ra thiết bị ngưng tụ,  $\Delta t_n = 6 \div 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

**6.3.2 Xác định hệ số toả nhiệt về các môi trường**

**6.3.2.1 Xác định hệ số toả nhiệt khi ngưng tụ môi chất trong thiết bị ngưng tụ**

Hệ số toả nhiệt khi ngưng tụ môi chất trong các thiết bị ngưng tụ rất nhiều dạng và được xác định cụ thể cho từng trường hợp như sau:

**\* Ngưng tụ trên chùm ống trơn nằm ngang**

Ngưng tụ trên chùm ống trơn nằm ngang xảy ra ở bình ngưng ống chùm nằm ngang  $\text{NH}_3$ . Hệ số toả nhiệt khi ngưng trong trường hợp này được tính theo công thức:

$$\alpha = 0,72,4 \sqrt{\frac{\Delta i \cdot \rho \cdot \lambda^3 \cdot g}{\nu \cdot \theta_a \cdot d_{ng}}} \cdot \psi'_h \quad (6-6)$$

$\Delta i$  — Hiệu entanpi của tác nhân lạnh khi vào ra bình ngưng, J/kg;

$\rho$  - Khối lượng riêng của môi chất lỏng trong bình ngưng, kg/m<sup>3</sup>;

$\lambda$  - Hệ số dẫn nhiệt của môi chất lỏng trong bình ngưng, W/m.K;

$\nu$  - độ nhớt của môi chất lỏng trong bình ngưng, m<sup>2</sup>/s;

$\theta = t_k - t_w$  : độ chênh nhiệt độ ngưng tụ và vách ống, ;K

$g$  — Gia tốc trọng trường, m/s<sup>2</sup>;

$d_{ng}$  - Đường kính ngoài của ống trao đổi nhiệt, m;

$\psi'_h$  — Hệ số hiệu chỉnh sự thay đổi tốc độ dòng hơi và màng nước từ trên xuống:

$$\psi'_h = n_z^{-0,167} \quad (6-7)$$

$n_z$  — Số hàng theo chiều thẳng đứng khi bố trí song song và một nửa số hàng khi bố trí so le.

Nếu chùm ống bố trí so le trong thân trụ thì:

$$n_z = 1,393 \cdot \frac{\sqrt{\pi \cdot n}}{2} \cdot \frac{S_1}{S_2} \quad (6-8)$$

$n$  — Tổng số ống trong bình;

$S_1$  và  $S_2$  — Bước ngang và bước đứng, m.

**\* Ngưng tụ trên chùm ống có cánh nằm ngang**

Hệ số toả nhiệt khi ngưng trong trường hợp này được tính:

$$\alpha = 0,72 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta i \cdot \rho \cdot \lambda^3 \cdot g}{\nu \cdot \theta_a \cdot d_{ng}}} \cdot \psi'_h \cdot \psi_c \quad (6-9)$$

$\psi_c$  — Hệ số tính đến điều kiện có cánh

$$\psi_c = 1,3 \cdot \frac{F_d \cdot E^{3/4}}{F} \cdot \left( \frac{d_{ng}}{h'} \right)^{0,25} + \frac{F_n}{F} \quad (6-10)$$

$F_d, F_n$  — Bề mặt đứng và ngang của 1m ống có cánh, m<sup>2</sup>/m

$$F_d = \frac{\pi \cdot (D^2 - d_{ng}^2)}{2 \cdot S_c} \quad (6-11)$$

và

$$F_n = \pi \cdot d_{ng} \cdot \left( 1 - \frac{\delta_o}{S_c} \right) + \frac{\pi \cdot D \cdot \delta_d}{S_c} \quad (6-12)$$

$D, d_{ng}$  - Đường kính đỉnh và chân cánh, m;

$S_c$  — Bước cánh, m;

$\delta_o, \delta_d$  — Bề dày chân và đỉnh cánh, m;

$F = F_d + F_n$  — Tổng diện tích bề mặt ngoài của ống có cánh,  $m^2/m$ ;

$E$  — Hiệu suất của cánh;

$h'$  — Chiều cao qui ước của cánh:

$$h' = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^2 - d_{ng}^2}{D}, \text{ m} \quad (6-13)$$

**\* Ngưng tụ trên vách đứng và bên ngoài ống đứng**

- Tiêu chuẩn Re đối với trường hợp này được xác định như sau:

$$Re = \frac{4.G}{\mu} = \frac{4.\alpha.\theta_a.H}{r.\mu} \quad (6-14)$$

$G$  — Lưu lượng môi chất chảy qua trên một đơn vị bề dày của lớp chất lỏng,  $kg/m.s$ ;

$\mu$  - Độ nhớt động lực học của tác nhân lạnh lỏng, PaS.

- Khi  $Re < 1600$  Chảy sóng

$$\alpha = 0,943 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta i.\rho.\lambda^3.g}{v.\theta_a.H}} \cdot \varepsilon_v \quad (6-15)$$

$H$  — Chiều cao bề mặt truyền nhiệt, m

$\varepsilon_v$  — Hệ số hiệu chỉnh :

$$\varepsilon_v = \left( \frac{Re}{4} \right)^{0,04} \quad (6-16)$$

- Khi  $Re > 1600$  Chảy rối

$$\alpha = 400 \cdot \frac{r.\mu}{H.\theta_a} \left( 1 + 0,625 \cdot Pr^{0,5} \cdot \left[ \frac{H.\theta_a}{(H.\theta_a)_{th}} - 1 \right] \right)^{4/3} \quad (6-17)$$

Các thông số ở công thức trên đây đều được tính ở  $t_k$

Tích số  $(H.\theta)_{th}$  tối hạn được xác định:

$$(H.\theta_a)_{th} = 2300 \cdot \frac{r.\rho'.v^{5/3}}{g^{1/3}.\lambda} \cdot \left( \frac{\rho'}{\rho'+\rho''} \right)^{1/3} \quad (6-18)$$

**\* Ngưng tụ bên trong ống đứng và rãnh đứng**

Đối với dòng hơi đứng yên có thể sử dụng các công thức giống như khi ngưng bên ngoài ống đứng ở trên. Khi dòng hơi chuyển động thì tùy thuộc và giá trị  $Re''$  của hơi tác nhân lạnh

- Nếu  $Re'' = 1,2 \cdot 10^5 \div 4,5 \cdot 10^6$

$$\alpha = 0,2 \cdot \alpha_N \cdot (Re'')^{0,12} \cdot (Pr'')^{-0,33} \quad (6-19)$$



- Nếu  $Re'' = 4,5 \cdot 10^6 \div 2,5 \cdot 10^7$

$$\alpha = 0,246 \cdot \alpha_N \cdot 10^{-3} \cdot (Re'')^{0,55} \cdot (Pr'')^{-0,33} \quad (6-20)$$

Giá trị  $\alpha_N$  xác định theo công thức:

$$\alpha_N = 0,943 \cdot 4 \sqrt{\frac{r \cdot \rho \cdot \lambda^3 \cdot g}{\nu \cdot \theta_a \cdot H}} \quad (6-21)$$

**\* Ngưng tụ bên trong ống nằm ngang**

Người ta nhận thấy tùy thuộc vào tốc độ hơi  $\omega''$  và đường kính trong của ống  $d_{tr}$  mà quá trình ngưng tụ của hơi bên trong ống phân thành một trong 3 chế độ: phân lớp, quá độ và vành khăn. Chế độ phân lớp là lỏng chảy ở dưới hơi ở trên, khi tăng tốc độ hơi nó sẽ chuyển qua chế độ quá độ và sau đó chuyển qua chế độ vành khăn, lỏng bao xung quanh và hơi ở giữa ống.

Tiêu chuẩn  $Re''$  là cơ sở xác định các chế độ:

$$Re'' = \frac{\omega'' \cdot d_{tr}}{\nu''} = \frac{4 \cdot q_F \cdot l}{r \cdot \rho'' \cdot \nu''} = C \cdot q_F \cdot l \quad (6-22)$$

$l$  — Chiều dài ống, m;

Nếu  $t_K = 30^\circ C$  thì:

Đối với  $NH_3$ :  $C = 0,3$  ;

Đối với  $R_{12}$ :  $C = 2,1$ ;

Đối với  $R_{22}$ :  $C = 1,73$

Trong bình ngưng quá trình ngưng tụ trong ống nằm ngang thường là chế độ phân lớp, ( $Re'' < 60 \cdot 10^3$ ). Khi ngưng tụ  $NH_3$  thì :

$$\alpha = 2100 \cdot \theta_a^{-0,167} \cdot d_{tr}^{-0,25} \quad (6-23)$$

- Đối với môi chất frêon ngưng tụ trong ống đồng nằm ngang có thể xác định hệ số toả nhiệt  $\alpha$  khi ngưng tổng quát với  $C = 0,72$  và  $l = d_{tr}$

$$\alpha_N = 0,72 \cdot 4 \sqrt{\frac{r \cdot \rho \cdot \lambda^3 \cdot g}{\nu \cdot \theta_a \cdot d_{tr}}} \quad (6-24)$$

- Nếu ngưng tụ trong ống xoắn nằm ngang thì:

$$\alpha_x = \alpha_N \cdot \varepsilon_x \quad (6-25)$$

$\varepsilon_x$  — Hệ số hiệu chỉnh ống xoắn:

$$\varepsilon_x = 0,25 \cdot q_{tr}^{0,15} \quad (6-26)$$

$q_{tr}$  — Mật độ dòng nhiệt đối với bề mặt trong,  $w/m^2$

**6.3.2.2 Xác định hệ số toả nhiệt về phía môi trường giải nhiệt**

**\* Trường hợp môi chất chuyển động bên trong ống hoặc rãnh**

- Chế độ chảy tầng  $Re < 2300$

$$Nu = 0,15 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left( \frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_l \cdot \varepsilon_R \quad (6-27)$$

trong đó các tiêu chuẩn  $Re$ ,  $Pr$ ,  $Gr$ ,  $Nu$  tính theo các công thức thông thường ở nhiệt độ xác định là nhiệt độ của môi trường.

Kích thước xác định là đường kính trong hoặc đường kính tương đương bên trong nếu đó là rãnh:  $d_{td} = \frac{4 \cdot f}{U}$

$f$ ,  $U$  — Là diện tích và chu vi tiết diện của rãnh;

$Pr_f$ ,  $Pr_w$  — Tiêu chuẩn  $Pr$  ở nhiệt độ của môi trường giải nhiệt và bề mặt trong vách ống.

Đối với không khí, do tiêu chuẩn  $Pr$  không đổi nên:

$$Nu = 0,13 \cdot Re^{0,33} \cdot Gr^{0,1} \cdot \varepsilon_l \cdot \varepsilon_R \quad (6-28)$$

Hệ số  $\varepsilon_l$  là hệ số hiệu chỉnh khi chiều dài của ống, nếu  $l/d_t \geq 50$  thì  $\varepsilon_l = 1$  nếu  $l/d_t < 50$  thì tra theo bảng dưới đây:

**Bảng 6-2: Hệ số hiệu chỉnh chiều dài ống**

Re	L/d <sub>t</sub>								
	1	2	5	10	15	20	30	40	50
2.10 <sup>3</sup>	1,9	1,7	1,44	1,28	1,18	1,13	1,05	1,02	1
10 <sup>4</sup>	1,56	1,5	1,34	1,23	1,17	1,13	1,05	1,03	1
2.10 <sup>4</sup>	1,51	1,4	1,27	1,18	1,13	1,10	1,05	1,02	1
5.10 <sup>4</sup>	1,34	1,27	1,18	1,13	1,10	1,08	1,04	1,02	1
10 <sup>5</sup>	1,28	1,22	1,15	1,10	1,08	1,06	1,03	1,02	1

Hệ số  $\varepsilon_R$  — là hệ số hiệu chỉnh khi ống bị uốn cong

$$\varepsilon_R = 1 + 1,77 \cdot \frac{d_t}{R} \quad (6-29)$$

$R$  bán kính uốn cong của tâm ống

- Chế độ chảy rối  $Re > 10^4$

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_l \cdot \varepsilon_R \quad (6-30)$$

Đối với không khí

$$Nu = 0,018 \cdot Re^{0,8} \cdot \varepsilon_l \cdot \varepsilon_R \quad (6-31)$$

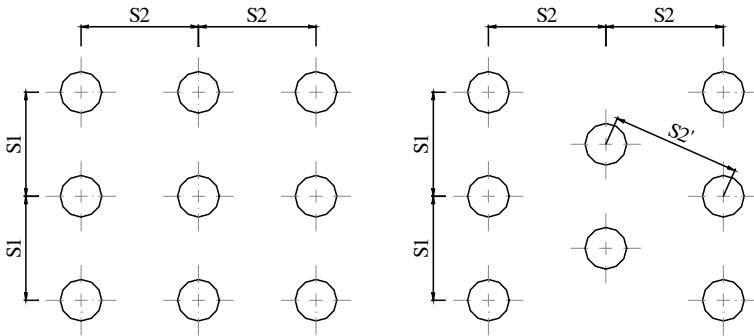
- Chế độ chảy quá độ  $2300 \leq Re \leq 10^4$

Tính giống như trường hợp chảy rối nhưng nhân với hệ số hiệu chỉnh dưới đây:

**Bảng 6-3: Hệ số hiệu chỉnh  $\epsilon_{qd}$**

Re	2.500	3.000	4.000	5.000	6.000	8.000	10.000
$\epsilon_{qd}$	0,40	0,57	0,72	0,81	0,88	0,96	1

\* Trường hợp không khí chuyển động ngang qua chùm ống  
Chùm ống có thể bố trí theo kiểu song hoặc so le.



$$Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^n \cdot \epsilon_z \quad (6-32)$$

$\epsilon_z$  — Hệ số hiệu chỉnh tính đến số dãy ống theo chiều chuyển động của không khí, nếu số dãy lớn hơn 10 thì có thể lấy bằng  $\epsilon_z = 1$ .

**Bảng 6-4: Hệ số hiệu chỉnh số dãy ống  $\epsilon_z$**

Số dãy	1	2	4	6	8	10	12
Chùm song song $Re > 10^3$	0,71	0,80	0,89	0,93	0,95	0,98	0,99
Chùm so le $10^2 < Re < 10^3$	0,83	0,88	0,93	0,96	0,97	0,99	1,0
Chùm so le $Re > 10^3$	0,61	0,73	0,88	0,92	0,95	0,98	0,99

Kích thước xác định là đường kính ngoài, nhiệt độ xác định là nhiệt độ không khí.

Các trị số C, m và n tra theo bảng dưới đây, phụ thuộc vào chế độ chuyển động

**Bảng 6-5: Các hằng số C, m và n**

Chế độ chảy	Chùm ống song song			Chùm ống so le			
	C	m	n	C	m	n	a/b
Chảy tầng $Re=10^2 \div 10^3$	0,52	0,5	0,36	0,71	0,5	0,36	
Quá độ $Re=10^3 \div 2.10^5$	0,27	0,63	0,36	$0,35.(a/b)^{0,2}$ 0,4	0,6 0,6	0,36 0,36	< 2 > 2
Chảy rối $R > 2.10^5$	0,03 3	0,80	0,4	$0,031.(a/b)^{0,2}$ 2	0,8	0,4	

Trong đó,  $a = S_1/d_{ng}$  và  $b = S_2/d_{ng}$

**\* Trường hợp không khí chuyển động ngang qua chùm ống có cánh**

- Đối với cánh tròn:

$$Nu = C.C_z.C_s.\varphi^{-m}_{ng}.Re^n \quad (6-33)$$

- Các hằng số C và m xác định như sau:

Chùm ống song song :  $C = 0,18$ ;  $m = 0,7$ ;

Chùm ống so le :  $C = 0,32$ ;  $m = 0,5$ .

- Hằng số  $C_z$  hiệu chỉnh ảnh hưởng của số hàng ống z theo chiều chuyển động của dòng không khí, tra theo bảng dưới đây:

**Bảng 6-6 : Hệ số hiệu chỉnh số dãy ống  $C_z$**

Bố trí	Re	Số hàng ống			
		1	2	3	$\geq 4$
So le	12.000	0,62	0,9	0,97	1,0
	50.000	0,75	0,88	0,97	1,0
Song song	12.000	1,4	1,3	1,0	1,0
	30.000	1,2	1,2	1,0	1,0
	50.000	1,0	1,0	1,0	1,0

- Hệ số Cs hiệu chỉnh ảnh hưởng của cách bố trí

$$+ \text{Bố trí song song} : C_s = \left( \frac{S_1 - d_{ng}}{S_2 - d_{ng}} \right)^{0,1} \quad (6-34)$$

$$+ \text{Bố trí so le} : C_s = \left( \frac{S_1 - d_{ng}}{S'_2 - d_{ng}} \right)^{0,1} \quad (6-35)$$

- Chỉ số n được xác định như sau :  $n = 0,6 \cdot \varphi_{ng}^{0,07}$  ;

trong đó  $\varphi_{ng}$  hệ số làm cánh bên ngoài  $\varphi_{ng} = F/F_{ng}$  ;

$F, F_{ng}$  — Toàn bộ diện tích bên ngoài và diện tích bên ngoài ngoài phần ống,  $m^2/m$ .

- Kích thước xác định của các tiêu chuẩn được xác định như sau:

$$l = \frac{F_o}{F} \cdot d_{ng} + \frac{F_c}{F} \cdot \sqrt{0,785 \cdot (D^2 - d_{ng}^2)} \quad (6-36)$$

$F_o, F_c, F$  — Diện tích ngoài phần ống giữa các cánh, diện tích mặt ngoài của cánh và tổng diện tích của chúng,  $m^2$ ;

$D, d_{ng}$  - Đường kính ngoài của cánh và ống, m.

**- Đối với cánh chữ nhật:**

Khi chùm ống bố trí song song:

$$Nu = C \cdot Re^n \cdot \left( \frac{L}{d_{td}} \right)^m \quad (6-37)$$

ở đây  $d_{td}$  - Đường kính tương đương, m:

$$d_{td} = \frac{2(S_1 - d_{ng}) \cdot (S_c - \delta_c)}{(S_1 - d_{ng}) + (S_c - \delta_c)} \quad (6-38)$$

$L$  — Tổng chiều dài cánh theo chiều chuyển động của không khí, m;

$$n = 0,45 + 0,0066 \cdot L/d_{td} ;$$

$$m = -0,28 + 0,08 \cdot Re/1000 ;$$

$$C = A \cdot (1,36 - 0,24 \cdot Re/1000)$$

Trị số A tra theo bảng sau:

**Bảng 6-7: Hệ số A**

$L/d_{td}$	5	10	20	30	40	50
A	0,412	0,326	0,201	0,125	0,080	0,0475

Trong trường hợp bố trí so le vẫn tính như trên nhưng hệ số toả nhiệt  $\alpha$  tăng thêm 10%.

**\* Toả nhiệt của màng nước**

Khi tính hệ số truyền nhiệt của dàn ngưng kiểu tưới và bay hơi, ta gặp trường hợp trao đổi nhiệt giữa bề mặt ống trao đổi nhiệt với màng nước bao quanh. Trong trường hợp này hệ số toả nhiệt về phía màng nước được xác định như sau:

**- Đối với ống nằm ngang**

+ Nếu  $Re = 1,1 \div 200$ :

$$Nu = 0,51 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,48} \quad (6-39)$$

+ Nếu  $Re > 200$ :

$$Nu = 0,1 \cdot Re^{0,63} \cdot Pr^{0,48} \quad (6-40)$$

Trong các công thức trên, xác định  $Re$  theo đường kính ngoài và tốc độ chuyển động trung bình của màng nước qua ống :

$$\omega_{tb} = \frac{G_1}{\rho_n \cdot \delta_m}, \text{ m/s} \quad (6-41)$$

$G_1$  — Lượng nước xối trên 1m chiều dài ống:

$$G_1 = \frac{G_n}{2 \cdot l \cdot z}, \text{ kg/m.s} \quad (6-42)$$

$G_n$  — Lưu lượng nước xối tưới, kg/s;

$l$  — Chiều dài ống, m;

$z$  — Số dây ống đặt song song (nằm ngang) cùng được xối tưới;

$\delta_m$  — Chiều dày màng nước, m.

$$\delta_m = 1,94 \cdot 3 \sqrt{\frac{\mu \cdot G_1}{g \cdot \rho^2}} \quad (6-43)$$

Kích thước tính toán :  $d_{td} = 4 \cdot \delta_m$

Đối với nước có thể tính hệ số toả nhiệt theo công thức đơn giản sau:

$$\alpha = 9750 \cdot G_1^{1/3} \quad (6-44)$$

**- Đối với ống đặt thẳng đứng**

+ Nếu  $Re < 2000$ :

$$Nu = 0,67 \cdot \sqrt[9]{Ga^2 \cdot Pr^3 \cdot Re_m} \quad (6-45)$$

+ Nếu  $Re \geq 2000$ :

$$Nu = 0,01 \sqrt[3]{Ga \cdot Pr \cdot Re_m} \quad (6-46)$$

trong đó :  $Re_m = 4 \cdot G_1 / \mu$  với  $G_1 = \frac{G_n}{\pi \cdot d_{tr} \cdot n}$

Chiều dài xác định là chiều cao ống, m;

n — Số ống;

$d_{tr}$  - Đường kính trong của ống, m.

\* \* \*