

# CHƯƠNG VII : HỆ THỐNG ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ KIỂU ƯỚT

Quá trình xử lý nhiệt ẩm không khí bằng thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt có ưu điểm là thiết bị gọn nhẹ, đơn giản vv. . . Tuy nhiên xử lý nhiệt ẩm bằng thiết bị trao đổi nhiệt kiểu bề mặt, bị hạn chế bởi khả năng xử lý không khí, nó không có khả năng tăng dung ẩm không khí trong phòng. Trong nhiều trường hợp đòi hỏi tăng ẩm cho không khí, chẳng hạn như trong các nhà máy dệt có những giai đoạn công nghệ đòi hỏi độ ẩm khá cao, để đạt được trạng thái yêu cầu, cần tiến hành phun ẩm bổ sung, tương đối phức tạp, tốn kém và hiệu quả không cao. Trong trường hợp này, người ta thường sử dụng thiết bị xử lý không khí kiểu hỗn hợp hay còn gọi là thiết bị xử lý không khí kiểu ướt. Thiết bị không khí kiểu ướt là thiết bị trao đổi nhiệt ẩm kiểu hỗn hợp khí và nước, thường được gọi là thiết bị buồng phun. Việc phun ẩm không thực hiện trực tiếp trong phòng mà ở thiết bị xử lý không khí nên hiệu quả và quy mô lớn hơn nhiều.

Trong chương này, sẽ tiến hành nghiên cứu các cơ sở lý thuyết về trao đổi nhiệt ẩm giữa không khí và nước; các nhân tố ảnh hưởng đến quá trình đó; các thiết bị buồng phun thường sử dụng và tính toán thiết kế các thiết bị đó.

## 7.1 CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NHIỆT ẨM KHÔNG KHÍ

### 7.1.1 Một số giả thiết khi nghiên cứu quá trình trao đổi nhiệt ẩm của không khí

Quá trình thực xử lý nhiệt ẩm khá phức tạp, để tiện lợi cho việc phân tích và tính toán, khi nghiên cứu quá trình trao đổi nhiệt ẩm của không khí và nước, người ta giả thiết như sau:

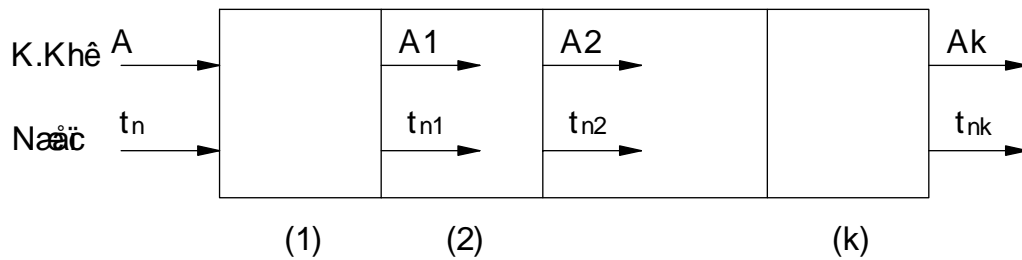
- Sự tiếp xúc giữa nước và không khí là lý tưởng, thời gian tiếp xúc bằng vô cùng.
- Không có tổn thất nhiệt và ẩm ra bên ngoài hệ trong quá trình trao đổi nhiệt ẩm.
- Kích thước hạt nước đủ nhỏ để nhiệt độ đồng đều trong toàn thể tích hạt.

Với những giả thiết như vậy có thể suy ra nhiệt độ không khí trong lớp biên (lớp mỏng sát bề mặt giọt nước) đạt trạng thái bão hoà có cùng nhiệt độ với nhiệt độ giọt nước, độ ẩm không khí đầu ra thiết bị đạt trạng thái bão hoà ứng với nhiệt độ các giọt nước đầu ra.

Người ta nhận thấy, sự thay đổi trạng thái của không khí phụ thuộc nhiều vào chiều chuyển động tương đối giữa nước và không khí. Dưới đây chúng ta sẽ khảo sát quá trình trao đổi nhiệt ẩm giữa nước và không khí trong hai trường hợp đã nêu trên.

### 7.1.2 Trường hợp nước và không khí chuyển động cùng chiều

Xét trường hợp trao đổi nhiệt ẩm giữa nước có nhiệt độ ban đầu là  $t_n$ , không khí có trạng thái  $A(t_A, \varphi_A)$  trong thiết bị trao đổi nhiệt ẩm kiểu hỗn hợp. Ở đầu ra thiết bị trao đổi nhiệt ẩm, không khí đạt bão hoà đạt  $\varphi = 100\%$ , nước và không khí có cùng nhiệt độ  $t_{nk}$  (trạng thái  $A_K \equiv B_K$ ).



**Hình 7.1. Trao đổi nhiệt ẩm giữa không khí và nước khi chuyển động cùng chiều**

Ta nghiên cứu sự thay đổi trạng thái không khí trong quá trình trao đổi nhiệt ẩm dọc theo chiều dài của thiết bị. Để thấy rõ quá trình thay đổi trạng thái đó, ta chia thiết bị trao đổi nhiệt ẩm thành  $k$  đoạn (hình 7.1).

Trong quá trình trao đổi nhiệt ẩm nhiệt độ nước tăng từ  $t_n$  đến  $t_{nk}$ , không khí thay đổi trạng thái từ trạng thái ban đầu  $A(t_A, \varphi_A)$  tới trạng thái bão hoà  $A_k(t_{nk}, 100\%)$ , vì như giả thiết ở trên quá trình trao đổi là lý tưởng và thời gian vô cùng nên trạng thái không khí khi ra buồng phun có nhiệt độ bằng nhiệt độ nước  $t_{nk}$  và đạt trạng thái bão hoà với độ ẩm  $\varphi = 100\%$ .

- Xét quá trình trao đổi nhiệt ẩm ở vùng 1

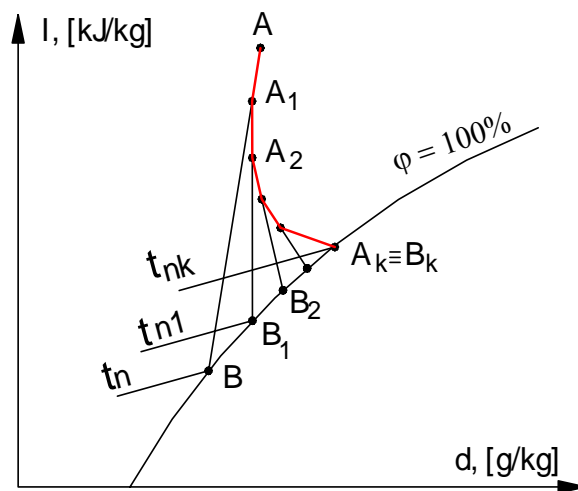
Không khí đầu vào có trạng thái là  $A(t_A, \varphi_A)$  và nước có nhiệt độ  $t_n$ . Do quá trình trao đổi nhiệt ẩm với các giọt nước, lớp không khí tại lớp biên tiếp xúc với các giọt nước đạt trạng thái bão hoà ( $\varphi=100\%$ ) và nhiệt độ bằng nhiệt độ nước  $t = t_n$  (trạng thái B). Các phần tử không khí ở ngoài lớp biên coi như vẫn giữ nguyên trạng thái ban đầu  $A(t_A, \varphi_A)$ . Như vậy ra khỏi vùng thứ nhất không khí có trạng thái  $A_1$  là hỗn hợp của 2 khối khí có trạng thái  $A(t_A, \varphi_A)$  và  $B(t_n, 100\%)$ . Theo tính chất của quá trình hỗn hợp, điểm  $A_1$  nằm trên đoạn AB, đồng thời do có trao đổi nhiệt nên nhiệt độ của nước tăng lên  $t_{n1}$ .

- Vùng 2

Không khí đầu vào vùng 2 là  $A_1$  và nước có nhiệt độ  $t_{n1}$ . Bằng cách phân tích tương tự, ta thấy trạng thái không khí đầu ra  $A_2$  của vùng 2 là hỗn hợp của 2 khối khí có trạng thái  $A_1$  và  $B_1(t_{n1}, 100\%)$ . Như vậy điểm  $A_2$  nằm trên  $A_1B_1$  và nhiệt độ nước tăng lên  $t_{n2}$ .

Cứ phân tích tương tự như vậy ta thấy, trạng thái không khí đầu ra thiết bị sẽ có trạng thái bão hoà, có nhiệt độ bằng nhiệt nước  $t_{nk}$  (trạng thái  $A_k \equiv B_k$ )

Nối tất cả các điểm A,  $A_1, \dots, A_k$  ta có đường cong biểu thị sự thay đổi trạng thái của không khí trong quá trình trao đổi nhiệt ẩm với nước. Các điểm B,  $B_1, \dots, B_n$  tương ứng là các trạng thái không khí trong lớp biên của các giọt nước, có nhiệt độ bằng nhiệt độ nước. Lớp biên đó lớn dần, đến cuối thiết bị xử lý nhiệt ẩm sẽ chiếm toàn bộ dòng không khí.



**Hình 7.2. Sự thay đổi trạng thái không khí khi chuyển động cùng chiều với nước**

Như vậy quá trình thay đổi trạng thái của không khí xét về lý thuyết là một đường cong. Đối với thiết bị trao đổi nhiệt ẩm kiểu song song cùng chiều, nó là đường cong lõm.

Tùy thuộc nhiệt độ nước đầu ra mà dung ẩm của không khí có thể tăng hoặc giảm. Nếu nhiệt độ nước đầu ra có nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ đọng sương của không khí đầu vào thì dung ẩm của không khí tăng, tức là có một lượng hơi ẩm khuếch tán vào không khí và ngược lại. Khi chuyển động song song cùng chiều, khả năng làm tăng dung ẩm rất lớn do nhiệt độ nước tăng dần và nhiệt độ nước đầu ra có nhiều khả năng lớn hơn nhiệt độ đọng sương.

Tuy nhiên trên thực tế do độ chênh nhiệt độ giữa nước và không khí không quá lớn và người ta chỉ chú trọng đến trạng thái cuối nên thường biểu diễn quá trình thay đổi trạng thái của không khí theo đường thẳng. Mặt khác do trao đổi nhiệt ẩm không đạt lý tưởng, thời gian tiếp xúc là hữu hạn nên độ ẩm của trạng thái cuối chỉ đạt tới cỡ 90 - 95%, tức là không khí chỉ tới điểm O nào đó mà không đạt tới B.

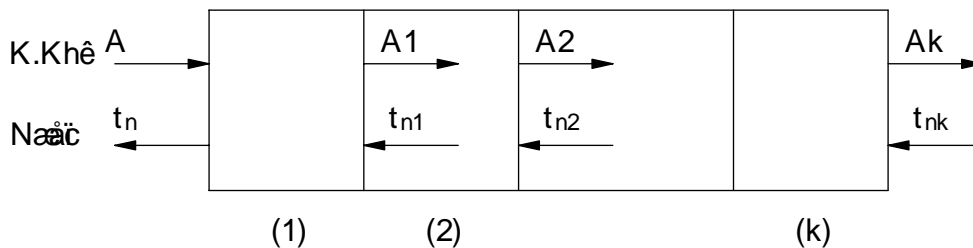
Người ta nhận thấy quá trình thay đổi trạng thái của không khí cũng xảy ra tương tự khi nó trao đổi nhiệt ẩm với thiết bị trao đổi nhiệt.

### 7.1.3. Trường hợp nước và không khí chuyển động ngược chiều

Trường hợp không khí chuyển động ngược chiều, ta cũng chia thiết bị thành k đoạn (hình 7.3).

Trạng thái không khí đầu vào các đoạn 1, 2, ... k lần lượt là A, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> ... A<sub>k-1</sub>. Đầu ra cuối cùng là trạng thái A<sub>k</sub>.

Nhiệt độ nước đầu ra các đoạn 1, 2, ... k lần lượt là t<sub>n</sub>, t<sub>n1</sub>, t<sub>n2</sub> ... t<sub>nk-1</sub>. Nhiệt độ nước đầu vào đoạn k là A<sub>nk</sub>. Các điểm B, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, ... B<sub>k</sub> tương ứng lần lượt là trạng thái không khí đã bão hoà trong vùng biên của các giọt nước có nhiệt độ t<sub>n</sub>, t<sub>n1</sub>, t<sub>n2</sub> ... t<sub>nk</sub>.



**Hình 7.3. Trao đổi nhiệt ẩm giữa không khí và nước khi chuyển động ngược chiều**

Không khí thay đổi từ trạng thái ban đầu A qua các trạng thái trung gian A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> và cuối cùng là trạng thái A<sub>k</sub>. Trạng thái cuối cùng A<sub>k</sub> đạt bão hoà và có nhiệt độ bằng nhiệt độ nước đầu vào thiết bị t<sub>nk</sub>. Nối tất cả các điểm A, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> ... A<sub>k</sub> ta được đường cong biểu thị sự thay đổi trạng thái của không khí khi trao đổi nhiệt ẩm với nước. Kết quả cho thấy, đó là đường cong lồi, trạng thái không khí đầu ra là bão hoà.

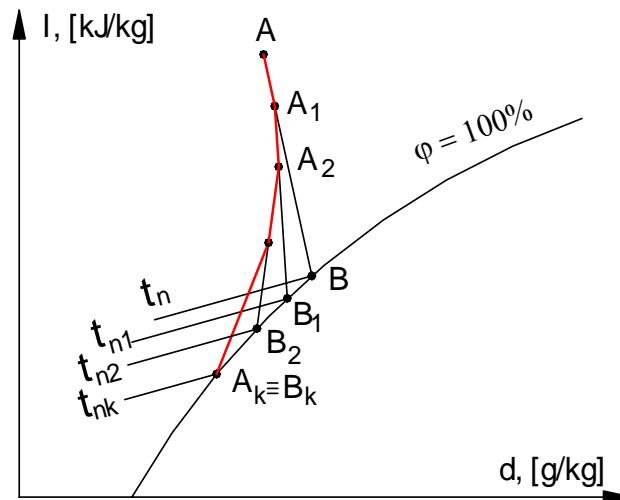
Nếu nhiệt độ nước đầu vào khá nhỏ, nhỏ hơn nhiệt độ đọng sương của không khí thì quá trình xử lý nhiệt ẩm sẽ làm giảm dung ẩm. Ngược lại, nếu nhiệt độ nước xử lý cao thì sẽ làm tăng dung ẩm. Trên thực tế, nếu sử dụng nước lạnh, thì thường nhiệt độ nước nhỏ hơn nhiệt độ đọng sương. Ngược lại nếu sử dụng nước thường thì nhiệt độ nước lớn hơn nhiệt độ đọng sương. Như vậy, để giảm dung ẩm phải sử dụng nước lạnh, muốn tăng ẩm sử dụng nước thường.

Qua nghiên cứu, quá trình xử lý nhiệt ẩm không khí trong hai trường hợp nước và không khí chuyển động cùng chiều và ngược chiều, ta nhận thấy:

- Trạng thái của không khí thay đổi theo dạng đường cong;
- Trạng thái đầu ra của không khí phụ thuộc vào nhiệt độ nước xử lý và chiều chuyển động tương hỗ giữa nước và không khí. Dung ẩm của không khí có thể tăng hoặc giảm.

Trên thực tế độ chênh nhiệt độ của không khí đầu vào t<sub>A</sub> và đầu ra t<sub>Ak</sub> không lớn và trong các tính toán thường chỉ quan tâm trạng thái đầu và cuối. Vì vậy người ta coi quá trình thay đổi trạng thái theo dạng đường thẳng.

Khi lượng nước phun vô cùng lớn và thời gian tiếp xúc  $\tau = \infty$  thì quá trình thay đổi trạng thái của không khí tuân theo quy luật đường thẳng.



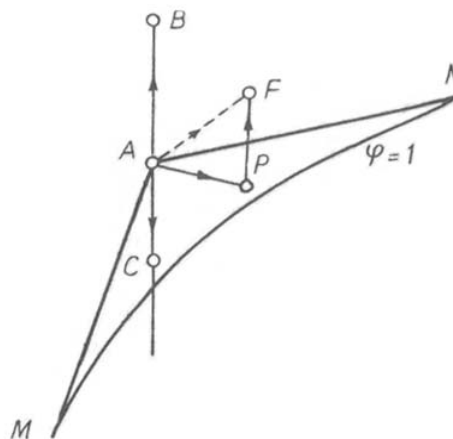
**Hình 7.4. Sự thay đổi trạng thái không khí khi chuyển động ngược chiều với nước**

Tuy nhiên, trên thực tế do lượng nước phun và thời gian tiếp xúc là hữu hạn nên trạng thái cuối quá trình xử lý không khí không đạt trạng thái bão hoà  $A_k$  mà chỉ đạt trạng thái O có độ ẩm  $\varphi_0 = 90 \div 95\%$ .

#### 7.1.4. Giới hạn của quá trình xử lý không khí bằng nước phun.

Trong thực tế trạng không khí cuối quá trình xử lý không khí bằng nước phun không bao giờ đạt tới độ ẩm  $\varphi=1$ , mà chỉ đạt  $\varphi= 0,9 - 0,95$ . Đó là trạng thái cuối của không khí khi ra khỏi buồng phun.

Người ta chứng minh được rằng trên đồ thị I-d không khí có trạng thái A thì mọi quá trình nằm ngoài tam giác cong AMN không thể thực hiện chỉ bằng nước phun. Tam giác cong AMN có đáy là đoạn MN trên đường cong  $\varphi=1$  và NN, AM là các tiếp tuyến từ A tới đường cong  $\varphi=1$ .



**Hình 7.5. Giới hạn quá trình xử lý không khí**

Ví dụ:

- Quá trình AB trên đường  $d=d_A = \text{const}$  chỉ thực hiện bằng caloriphe (sấy nóng đẳng dung ẩm)
- Quá trình AF: thực hiện qua 2 giai đoạn, tăng ẩm đoạn nhiệt bằng nước phun AP và sấy nóng đẳng dung ẩm PF.

- Quá trình AC trong tam giác AMN có thể thực hiện bằng nước phun.

## 7.2 THIẾT BỊ ĐIỀU HOÀ KIỂU ƯỚT

### *Khái niệm, phân loại và cấu tạo.*

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

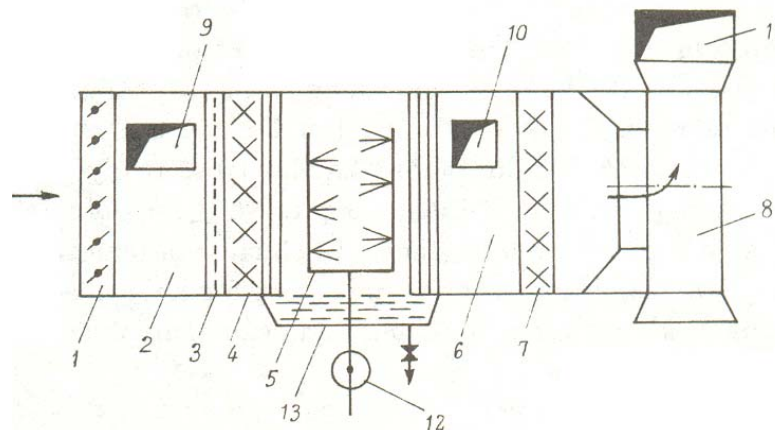
Theo cách bố trí: buồng đứng, nằm ngang, kiểu thẳng và ngoặt.

Theo áp suất làm việc (tùy thuộc vào vị trí đặt quạt): Kiểu hút, thổi, và kết hợp

### 7.2.1 Thiết bị buồng phun kiểu nằm ngang

- *Cấu tạo*

- 1- 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



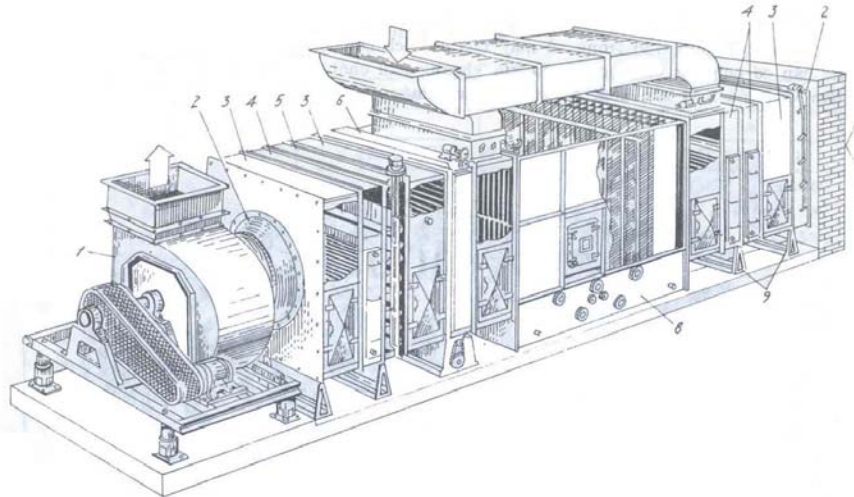
**Hình 7.6. Buồng phun kiểu nằm ngang**

- *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.

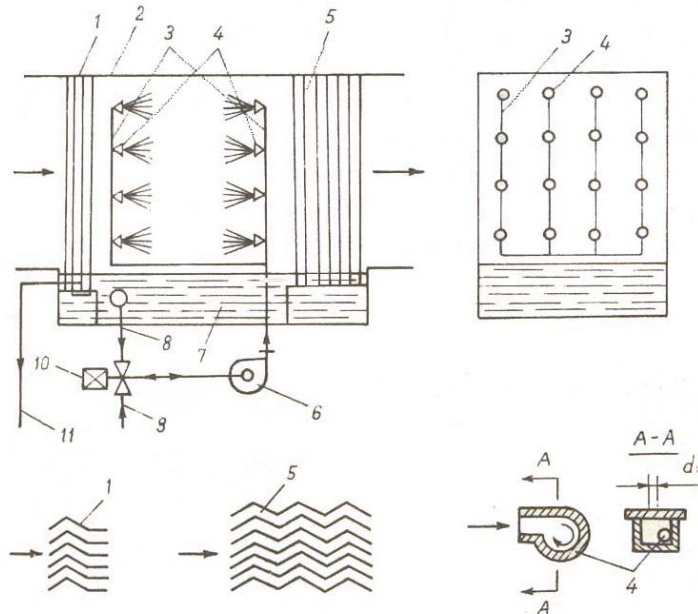
Các tấm chắn nước có dạng dích dắc có tác dụng ngăn và gạt rơi các giọt nước bị cuốn theo dòng hơi. Nó được đặt ở 2 phía của buồng phun. Về vật liệu các tấm chắn có thể chế tạo từ các tấm tôn tráng kẽm hoặc inox mỏng được gấp một vài lần. Số nếp gấp càng nhiều thì hiệu quả tách ẩm lớn nhưng trở lực tăng. Thường người ta chỉ gấp 2-4 nếp.



**Hình 7.7. Cấu tạo buồng phun kiểu nằm ngang**

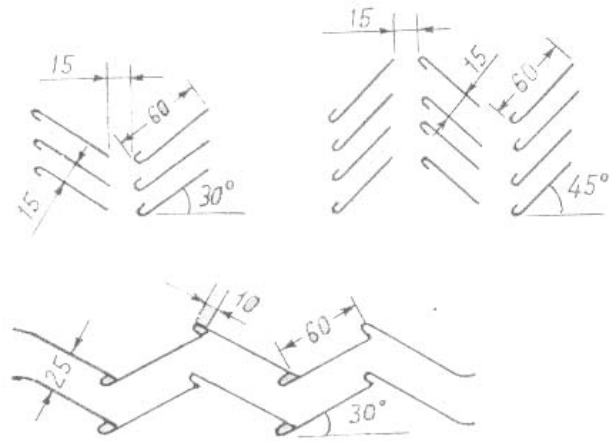
Chi tiết vòi phun quyết định kích thước các giọt nước phun và do đó ảnh hưởng quyết định đến hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm. Nguyên lý làm việc của các vòi phun là sử dụng lực ly tâm để xé toạc các giọt nước.

Trên hình 7.9 là cấu tạo của vòi phun thường được sử dụng. Nước có áp suất lớn đi theo đường dẫn 2 vào buồng xoáy 3 theo phương tiếp tuyến. Trong buồng xoáy nước chuyển động xoáy với tốc độ lớn và thoát ngoài qua lỗ 4. Tốc độ ở lỗ 4 rất lớn, đi ra vòi phun có dạng hình côn và tốc độ giảm đột ngột và được xé toạc thành những giọt nhỏ. Mũi phun 5 được lắp vào thân vòi phun bằng ren và có thể dễ dàng điều chỉnh để có buồng xoáy phù hợp nhất.



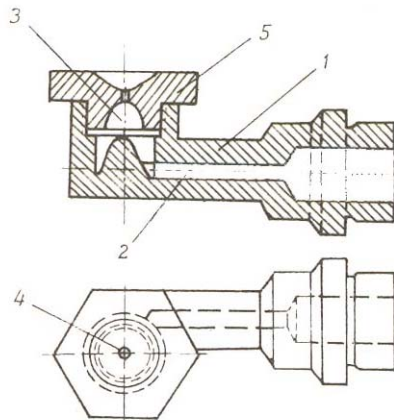
**Hình 7.8. Các chi tiết của buồng phun**

1,5- Vách chắn nước; 2- Trần buồng phun; 3- Ống góp phun; 4- Vòi phun; 6- Bơm nước phun; 7- Máng hứng nước; 8,9,11- Đường nước; 10- Van 3 ngã



**Hình 7.9. Chi tiết tâm chần**

- *Các đặc điểm của buồng phun kiểu thẳng*
  - Hiệu quả trao đổi cao do tốc độ tương đối giữa gió và nước cao và thời gian trao đổi cũng khá lâu;
  - Thích hợp cho hệ thống lớn trong công nghiệp;
  - Hệ thống công kênh chiếm nhiều diện tích lắp đặt.

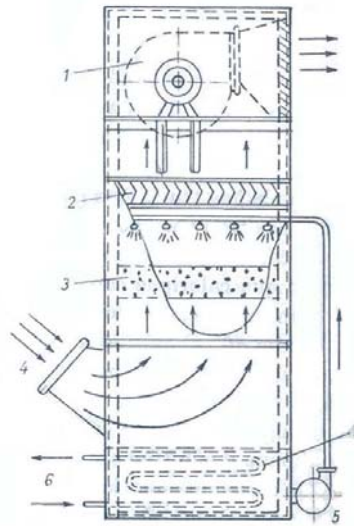


**Hình 7.10. Chi tiết vòi phun**

1- Thân vòi phun; 2- Lỗ nước vào; 3- Buồng xoáy; 4- Mũi phun; 5- Nắp vòi phun

### 7.2.2 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 7.11. Buồng tưới**

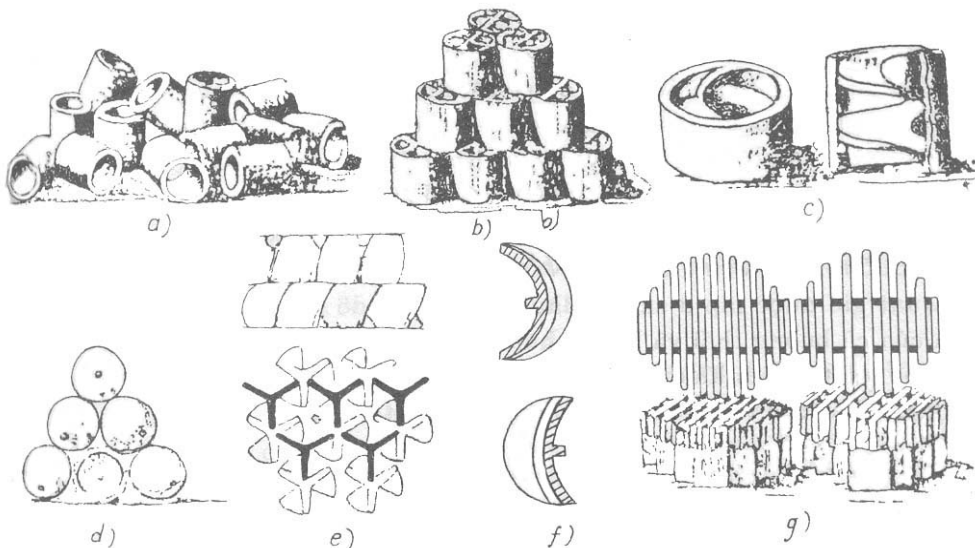
- *Nguyên lý hoạt động*

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 toi 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 toi 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.



**Hình 7.12. Các loại vật liệu làm toi nước**



## 7.3 NHỮNG NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN HIỆU QUẢ TRAO ĐỔI NHIỆT ẨM

### 7.3.1 Hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm

- *Hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm.*

Trên thực tế trạng thái không khí cuối quá trình trao đổi nhiệt ẩm với nước phun không thể đạt trạng thái  $\varphi = 100\%$ , mà chỉ đạt một trạng thái O với  $\varphi = 0,9 \div 0,95$  mà thôi. Để đặc trưng cho hiệu quả của quá trình trao đổi nhiệt ẩm giữa nước và không khí trong buồng phun người ta đưa ra một đại lượng gọi là hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm, Ký hiệu là E.

$$E = \frac{AO}{AB} < 1 \quad (7-1)$$

Hệ số trao đổi nhiệt ẩm có thể xác định theo thông số trạng thái của không khí. Từ O, B ta kẻ các đường  $t_O$  và  $t_B$  cắt đường dA ở các điểm O' và B'. Ta có thể coi các đường  $t_O$  và  $t_B$  song song với nhau, khi đó:

$$E = \frac{AO}{AB} = \frac{AO'}{AB'} = \frac{t_A - t_O}{t_A - t_B} = \frac{I_A - I_O}{I_A - I_B} \quad (7-2)$$

Đối với quá trình đoạn nhiệt :  $t_B = t_w$ ,

$$E = E_a = \frac{t_A - t_O}{t_A - t_w} \quad (7-3)$$

- *Hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm vụn năng*

Trong một số trường hợp người ta sử dụng đại lượng gọi là hệ số trao đổi nhiệt ẩm vụn năng E':

$$E' = 1 - \frac{t_O - t_{\text{AEO}}}{t_A - t_{\text{AEA}}} \quad (7-4)$$

Hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm vụn năng thường được sử dụng để tính toán thiết kế thiết bị buồng phun.

Ngoài ra người ta còn đưa ra hệ số  $E_n$  nhằm đánh giá hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm của buồng phun.

$$E_n = 1 - \frac{t_{\text{AEB}} - t_n''}{t_{\text{AEO}} - t_n'} \quad (7-5)$$

### 7.3.2 Những nhân tố ảnh hưởng đến hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm

#### 7.3.2.1 Ảnh hưởng của hệ số phun

Hệ số phun là tỷ lệ giữa lưu lượng nước phun  $G_f$  (kg/s) với lưu lượng không khí được xử lý G (kg/s). Hệ số phun được ký hiệu là  $\mu$ .

$$\mu = \frac{G_f}{G} \quad (7-6)$$

Khi hệ số phun  $\mu$  tăng, hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm tăng. Khi  $\mu < 4$ , hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm tăng đáng kể khi tăng  $\mu$ . Khi  $\mu > 4$ , việc tăng  $\mu$  hệ số trao đổi nhiệt ẩm E tăng không đáng kể, nhưng chi phí điện năng cho bơm nước phun lớn, nên không kinh tế. Trên thực tế người ta chỉ vận hành với hệ số phun  $\mu < 2$ .

### 7.3.2.2 Ảnh hưởng của kết cấu buồng phun

Kết cấu buồng phun có ảnh lớn đến hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm của buồng phun. Các thông số kết cấu ảnh hưởng tới hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm bao gồm:

- Số dãy vòi phun dọc theo chiều chuyển động của buồng phun: Khi số dãy vòi phun tăng thì hiệu quả sẽ cao hơn
- Số vòi phun trên một dãy: Khi số vòi phun tăng thì hiệu quả sẽ cao hơn
- Chiều phun nước so với không khí: Phun ngược chiều nước sẽ tăng hiệu quả trao đổi do vận tốc tương đối tăng lên.

**Bảng 7.1**

Dạng kết cấu	Hệ số $\mu$	$E_{\max}$
+ Số dãy $z=1$ , thuận chiều	0,55	$0,6 \div 0,7$
ngược chiều	0,55	$0,65 \div 0,75$
+ Số dãy $z=2$ , thuận chiều + thuận chiều	$>1,0$	$0,85 \div 0,9$
ngược chiều + ngược chiều	$>1,0$	$0,9 \div 0,95$
ngược chiều + ngược chiều	$>1,0$	$0,9 \div 0,95$
+ Số dãy $z=3$	1,5	0,98

### 7.3.2.3 Ảnh hưởng của chế độ phun nước

Khi hạt nước phun càng bé thì bề mặt trao đổi nhiệt ẩm tăng nên hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm tăng lên.

Tùy theo kích thước hạt nước được phun ra mà người ta phân ra thành 3 chế độ phun khác nhau:

- Phun mịn
- Phun trung bình
- Phun thô

Thực nghiệm và lý thuyết đã chứng minh rằng độ mịn của nước phun ra phụ thuộc vào đường kính mũi phun  $d_0$  và áp suất dư của nước trước mũi phun  $p_f$ .

Kích thước  $d_0$  và áp suất  $p_f$  càng lớn thì hạt nước phun ra càng mịn. Tuy nhiên khi đó đòi hỏi năng lượng dẫn động tăng và vòi phun dễ bị tắc.

Theo kinh nghiệm

- Phun mịn khi:  $d_0 = 1,5 - 2 \text{ mm}$      $p_f > 4 \text{ bar}$
- Phun trung bình khi:  $d_0 = 2 - 3 \text{ mm}$      $p_f = 2 - 4 \text{ bar}$
- Phun thô khi:  $d_0 = 2 - 6 \text{ mm}$      $p_f < 2 \text{ bar}$

Việc chọn đường kính mũi phun và áp suất còn tùy thuộc vào năng suất yêu cầu.

### 7.3.2.4 Ảnh hưởng của tốc độ dòng khí.

Khi tốc độ của không khí tăng sẽ làm tăng trao đổi nhiệt ẩm. Nhưng nếu  $\omega_k$  quá cao thì có khả năng cuốn theo các hạt nước vào gian máy. Trong kỹ thuật người ta khống chế  $\omega_k$  theo trị số lưu tốc  $\rho\omega_k$  một cách hợp lý. Thường chọn  $\rho\omega_k = 2,8 - 3,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$

### 7.3.2.5 Ảnh hưởng của chiều dài quãng đường dòng khí.

Khi tăng chiều dài quãng đường đi của không khí thì thời gian tiếp xúc lớn khi đó  $E$  tăng. Tuy vậy kích thước của buồng phun tăng nên làm tăng giá thành và vận hành lắp đặt khó khăn. Vì vậy chỉ khi thực sự cần thiết người ta mới tăng  $l$ , ví dụ như khi không khí ban đầu có độ ẩm quá bé.

Thời gian tiếp xúc hợp lý giữa nước và không khí là 1 giây.

Quan hệ phụ thuộc của hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm vào hệ số phun được biểu thị theo công thức sau đây:

- Khi phun mịn:

$$\mu = 5.z^{-1} . p_f^{-0,38} . (\rho\omega_k)^{0,37} . \left(\lg \frac{1}{1-E}\right)^{1,61}, \text{ kg/kg} \quad (7-7)$$

- Khi phun trung bình và thô:

$$\mu = 18,6.z^{-1} . p_f^{-0,2} . (\rho\omega_k)^{-0,5} . \left(\lg \frac{1}{1-E}\right)^{1,22}, \text{ kg/kg} \quad (7-8)$$

trong đó

z- Số dây phun;

$p_f$  - Áp suất dư của nước phun, bar ;

$\rho\omega_k$  - Lưu tốc của không khí,  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ ;

E- Hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm.

## 7.4 TÍNH TOÁN BUỒNG PHUN

### 7.4.1 Tính thiết kế

Nhiệm vụ bài toán thiết kế buồng phun là xác định các thông số kỹ thuật và kích thước chủ yếu của buồng phun, khi biết trước các thông số nhiệt của không khí vào ra, lưu lượng không khí cần xử lý.. cụ thể:

- *Các thông số ban đầu*

- Lưu lượng gió cần xử lý  $G$ , kg/s;

- Trạng thái không khí đầu vào ( $t_1, \varphi_1$ ) và đầu ra ( $t_2, \varphi_2$ );

- Năng suất lạnh yêu cầu của thiết bị  $Q_0$ , kW;

- Nhiệt độ nước lạnh đầu vào  $t'_{nl}$

- *Các thông số cần tính toán*

- Kích thước buồng phun: Chiều cao  $h$  (m); chiều rộng  $b$ (m) và chiều dài  $l$  (m);

- Lưu lượng nước phun  $G_f$ , kg/s;

- *Các bước tính toán*

**1) Chọn lưu tốc không khí đi qua tiết diện ngang của buồng phun  $\rho\omega_k$**

Thông thường người ta chọn  $\rho\omega_k = 2,8 \div 3,2 \text{ kg.m}^2/\text{s}$ . Nếu quá nhỏ thì hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm thấp, nhưng cao quá thì có khả năng cuốn theo các giọt hơi ẩm. Khối lượng riêng của không khí khoảng  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , do đó tốc độ chuyển động của không khí nằm trong khoảng  $\omega_k = 2,3 \div 2,7 \text{ m/s}$ . Chọn  $\omega_k = 2,5 \text{ m/s}$ .

**2) Xác định các kích thước cơ bản của buồng phun**

- Tiết diện ngang của buồng phun:

$$f_b = \frac{G}{\rho \cdot \omega_k} = b \cdot h, \text{ m}^2 \quad (7-9)$$

trong đó

$h$  - Chiều cao của buồng phun, chiều cao  $h$  cần chọn hợp lý trong khoảng  $2 \div 2,5 \text{ m}$ . Nếu quá cao thì sự phân bố lưu lượng gió khó đều, ngược lại nếu chọn quá thấp thì bề rộng lớn, chiếm nhiều diện tích;

$b$ - Chiều rộng buồng phun, m;

$G$  - Lưu lượng gió đã được cho trước hoặc đã xác định được khi thành lập sơ đồ điều hoà không khí, kg/s.

**3) Xác định các thông số đặc trưng khác của buồng phun**

- Chọn số dây phun  $Z$ : Trên cơ sở kích thước sơ bộ của buồng phun, chọn số dây vòi phun. Số dây vòi phun, như đã biết nằm trong khoảng  $1 \div 3$  dây;

- Chọn cách bố trí các dãy vòi phun. Có 2 cách bố trí sau: thuận chiều, ngược chiều và kết hợp cả 2 cách trên. Các trường hợp có thể bố trí đã trình bày trên bảng 6-1;
- Chọn chế độ phun: Phun thô, trung bình và mịn;
- Chọn loại mũi phun;
- Chọn đường kính mũi phun  $d_0$ : 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6mm;
- Chọn mật độ mũi phun trên tiết diện ngang của buồng phun  $n$ . Theo kinh nghiệm số mũi phun trên  $1m^2$  diện tích nằm trong khoảng  $18 \div 24$  cái;
- Tính số mũi phun:  $N = f_b \cdot Z_n$ , cái.

#### 4) Tính hệ số phun, hệ số hiệu quả $E$ và lưu lượng nước phun

Để xác định quan hệ

- Xác định hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm vạn năng:

$$E' = 1 - \frac{t_2 - t_{\text{æ}}}{t_1 - t_{\text{æ}}} \quad (7-10)$$

$t_{u1}, t_{u2}$  - Nhiệt độ nhiệt kế ướt ứng với trạng thái không khí vào và ra.

- Xác định hệ số phun dựa trên hệ số hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm vạn năng. Tính theo các công thức (7-7) và (7-8) nhưng thay  $E$  bằng  $E'$ .

#### 5) Tính nhiệt độ nước phun

Để xác định nhiệt độ nước phun ta dựa vào phương trình cân bằng nhiệt. Nếu bỏ qua các tổn thất thì nhiệt lượng làm lạnh không khí đúng bằng nhiệt làm tăng nhiệt độ nước từ nhiệt độ  $t'_n$  đến  $t''_n$ .

$$Q_o = G \cdot (I_1 - I_2) = G_{nl} \cdot C_{pn} \cdot (t''_n - t'_n) \quad (a)$$

Mặt khác, ta có biểu thức

$$\mu = \frac{G_f}{G} \quad (b)$$

Kết hợp (a), (b) và cho biết  $G_f = G_{nl}$  ta có:

$$\Delta t_n = t'_n - t''_n = \frac{\Delta I}{C_{pn} \cdot \mu}$$

Giá trị  $\Delta t_n$  phải thỏa mãn điều kiện  $\Delta t_n \leq 5^\circ C$ , nếu lớn quá phải tăng hệ số phun  $\mu$  và xác định lại giá trị  $E_n$ .

Từ đó suy ra:

$$t''_n = t'_n + \Delta t_n$$

Nhiệt độ nước vào được suy ra từ các biểu thức (7-3) và (7-10):

$$t'_n = \frac{t_{\text{æ}} - \Delta t_n - t_{\text{æ}}(1 - E_n)}{E_n}$$

#### 6) Tính lưu lượng nước phun và lưu lượng nước lạnh

Hệ thống cấp nước bể phun có thể thực hiện theo một trong hai cách sau:

- Nước được làm lạnh và đưa đến phun trực tiếp ở buồng phun. Trong trường hợp này lưu lượng nước phun bằng lưu lượng nước lạnh.

- Nếu nước lạnh được cấp tới bể chứa và từ đây nước được bơm đến phun ở buồng phun. Trong trường hợp này nước được tuần hoàn theo hai vòng khác nhau và có thể lưu lượng nước phun và nước tuần hoàn không giống nhau (do bơm hoặc trở lực hệ thống khác nhau).

a). Lưu lượng nước phun (nước lạnh) được xác định theo công thức:

$$G_f = G \cdot \mu, \text{ kg/s} \quad (7-11)$$

b). Lưu lượng nước lạnh: Nước lạnh được cấp vào bể chứa để từ đó được bơm phun vào buồng phun trao đổi nhiệt ẩm. Lưu lượng nước lạnh có thể khác lưu lượng nước phun.

$$G_{nl} = \frac{Q_o}{C_{pn} \cdot (t''_n - t_{nl})} \quad (7-12)$$

trong đó:

$t''_n, t_{nl}$  - Nhiệt độ nước phun đầu ra (bằng nhiệt độ nước lạnh hồi về) và nhiệt độ nước lạnh vào bể nước phun;

$Q_o$  - Công suất lạnh yêu cầu, kW.

**7) Xác định áp suất trước mũi phun và số mũi phun N**

- Năng suất phun của mỗi mũi phun được xác định theo công thức sau:

$$g_f = \frac{G_f}{N}, \text{ kg/s} \quad (7-13)$$

Năng suất phun có ảnh hưởng tới áp suất dư trước các mũi phun và quan hệ đó được xác định như sau:

- Đối với mũi phun kim loại:

$$g_f = 385 \cdot d_o^{1,38} \cdot p_f^{0,48}, \text{ l/h} \quad (7-14)$$

- Đối với mũi phun nhựa:

$$g_f = 44 \cdot d_o^{1,3} \cdot p_f^{0,52}, \text{ l/h} \quad (7-15)$$

trong đó

$d_o$  - Đường kính mũi phun, mm;

$p_f$  - Áp suất dư của mũi phun, at.

Từ giá trị  $g_f$  có thể xác định được áp suất dư như sau:

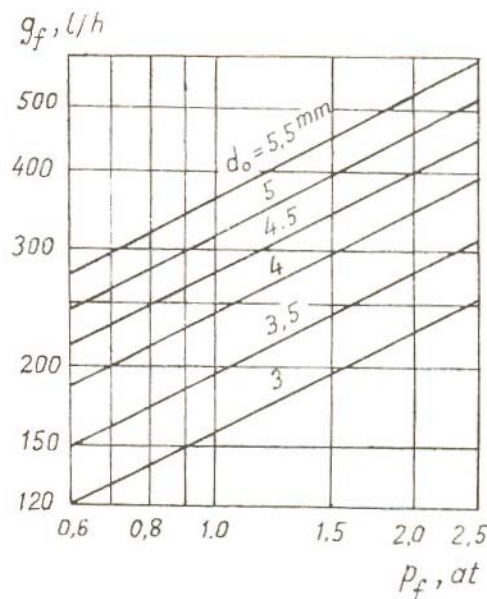
- Đối với mũi phun kim loại:

$$p_f = 0,0005 d_o^{-2,875} \cdot g_f^{2,083}, \text{ at} \quad (7-16)$$

- Đối với mũi phun nhựa:

$$p_f = 0,00069 d_o^{-2,5} \cdot g_f^{1,923}, \text{ at} \quad (7-17)$$

Quan hệ giữa áp suất dư và năng suất phun ứng với các loại vòi phun có đường kính khác nhau biểu thị trên hình 7.11 dưới đây. Theo yêu cầu kỹ thuật áp suất dư trước các mũi phun không nên quá lớn, vì nếu lớn thì yêu cầu về cột áp của bơm phải cao. Thực tế nên chọn  $p_f < 2,5 \text{ at}$ . Vì vậy khi tính toán, nếu áp suất dư lớn quá thì phải tăng số mũi phun N, để giảm áp suất dư. Trong phần này tùy theo điều kiện thực tế mà có thể chọn áp suất dư  $p_f$  định trước và xác định số mũi phun cần thiết. Tuy nhiên nếu chọn số mũi phun nhiều, áp suất giảm, chế độ phun chuyển sang phun thô, hiệu quả trao đổi nhiệt ẩm giảm.

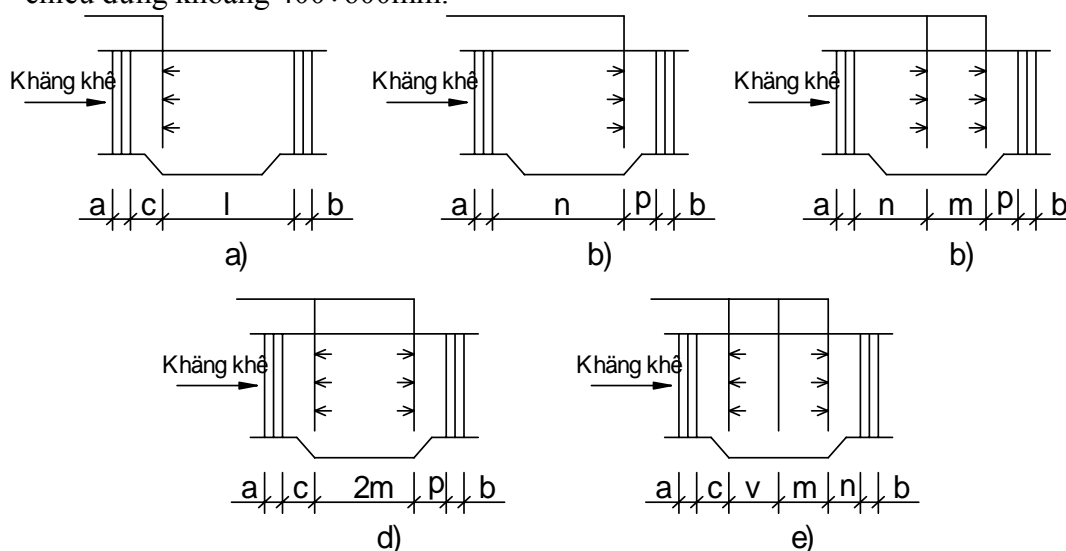


**Hình 7.13. Các loại vật liệu làm toi nước**

**8) Bố trí dàn phun**

Có thể tham khảo cách bố trí dàn phun của Nga nêu ở trong tài liệu [ ].

- Bề rộng chắn nước trước  $a = 120\text{mm}$ ;
- Bề rộng chắn nước sau  $b = 185 \div 250\text{mm}$ ;
- Các kích thước khác:  $c = 200\text{mm}$ ;  $l = 1500\text{mm}$ ;  $m=660\text{mm}$ ;  $n=400\text{mm}$ ;  $p=600\text{mm}$ ;  $v = 900\text{mm}$ ;
- Khoảng cách giữa các cọc phun từ  $250 \div 350\text{mm}$ . Khoảng cách giữa các mũi phun theo chiều đứng khoảng  $400 \div 600\text{mm}$ .



**Hình 7.14: Bố trí buồng phun của Nga**

- a- Một dãy phun thuận chiều; b- Một dãy phun ngược chiều; c- Hai dãy phun ngược chiều; d- Hai dãy phun thuận và ngược chiều; e- Ba dãy phun

**7.4.2 Tính kiểm tra**

Các bước tính toán kiểm tra

- 1) Xác định năng suất phun của các mũi phun  $g_f$  theo  $d_o$  và  $p_f$  dựa vào đồ thị hình 7.11 hoặc theo các công thức (7-13) và (7-14)

- 2) Tính lưu lượng nước phun  $G_n$ :

$$G_n = g_f \cdot N, \text{ kg/s}$$

- 3) Tính hệ số phun:

$$\mu = \frac{G_n}{G}, \text{ kg/kg}$$

- 4) Tính tốc độ lưu lượng khối lượng của không khí

$$\rho \omega_k = \frac{G}{f}, \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

- 5) Xác định  $E'_b$ ,  $E_b$  và  $k_{hc}$ .

$$E' = E'_b \cdot k_{hc}$$

$$E_n = E_b \cdot k_{hc}$$

- 6) Tính nhiệt độ nhiệt kế ướt của không khí sau khi xử lý

$$t_{u2} = (1 - E_n) \cdot (t_{u1} - t''_n) + t''_n$$

trong đó  $t''_n$  được xác định theo công thức sau:

$$t''_n = t'_n + (m_1 \cdot t_{u1} - m_2 \cdot t_{u2}) / \mu$$

trong đó  $m_1$  và  $m_2$  - các hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào nhiệt độ được cho theo bảng dưới đây lấy theo áp suất khí quyển

**Bảng 7.2**

t, °C	5	10	15	20	25	28
B=760mmHg	0,89	0,698	0,67	0,685	0,73	0,764
B=745mmHg	0,90	0,71	0,678	0,692	0,735	0,77

Để xác định  $m_2$  cần xác định  $t_{ur2}$  do đó cần phải tiến hành tính lặp. Các bước tính lặp được thực hiện như sau:

- Tạm lấy một giá trị nước ra nào đó theo kinh nghiệm:  $t''_n = t'_n + (3 \div 5)^\circ\text{C}$ ;
- Xác định nhiệt độ  $t_{ur2}$  theo công thức:

$$t_{ur2} = (1 - E_n) \cdot (t_{ur1} - t'_n) + t''_n$$

- Tra bảng 7.2 để xác định giá  $m_1$  theo  $t_{ur1}$  và  $m_2$  theo  $t_{ur2}$ ;
- Tính lại giá trị  $t''_n$  theo công thức:

$$t''_n = t'_n + (m_1 \cdot t_{ur1} - m_2 \cdot t_{ur2}) / \mu$$

Nếu sai số không lớn thì có thể chấp nhận được.

- Xác định  $t_{ur2}$  theo giá trị  $t''_n$  xác định được

7) Xác định  $I_2$  theo  $t_{ur2}$  trên đồ thị I-d: Đường  $I_2 = \text{const}$  đi qua điểm bão hoà có nhiệt độ bằng  $t_{ur2}$ .

8) Xác định  $t_2$  theo  $E'$  theo công thức:

$$t_2 = t_{ur2} + (1 - E') \cdot (t_1 - t_{ur2})$$

9) Theo  $t_2$  và  $I_2$  (hoặc  $t_{ur2}$ ) xác định điểm 2 trên I-d và các thông số trạng thái khác:  $\varphi_2$ ,  $d_2$ ;

10) Xác định năng suất lạnh của thiết bị xử lý không khí:

$$Q_o = G \cdot (I_1 - I_2)$$

11) Kiểm tra nhiệt lượng nước lạnh nhận được

$$Q_n = G_n \cdot C_{pn} \cdot (t''_n - t'_n)$$

12) So sánh giá trị  $Q_o$  và  $Q_n$ ; sai lệch không quá 10%.

\* \* \*