

NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG MÁY LẠNH NHỜ HIỆU ỨNG XOÁY ĐỂ SẢN XUẤT NƯỚC LẠNH VÀ ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ

RESEARCH ON AND APPLICATION OF VORTEX EFFECT REFRIGERATION TO PRODUCE COLD WATER AND AIR CONDITIONERS

Hồ Trần Anh Ngọc

Trường Cao đẳng Công nghệ, Đại học Đà Nẵng; anhngoctr@yahoo.com

Tóm tắt - Trong thực tế hiện nay, các nguồn khí nén, khí thải dư thừa từ các xí nghiệp, nhà máy không được sử dụng gây lãng phí. Vì vậy việc vận hành máy lạnh bằng hiệu ứng xoáy từ việc tận dụng nguồn khí thải dư thừa vừa tiết kiệm được điện năng, vừa góp phần giải quyết vấn đề về môi trường, giảm chi phí sản xuất. Bên cạnh đó, việc dùng máy lạnh bằng hiệu ứng xoáy để sản xuất nước lạnh, cung cấp nguồn nước uống mát lạnh phục vụ cho công nhân trong xí nghiệp, nhà máy, hoặc ứng dụng để làm điều hoà không khí, cung cấp nguồn không khí mát mẻ cho môi trường làm việc tại các khu vực sản xuất của nhà máy, xí nghiệp, góp phần nâng cao hiệu quả lao động của công nhân. Hơn nữa, trong kết quả nghiên cứu của mình, tác giả đã chế tạo được một mô hình máy lạnh hiệu ứng xoáy phục vụ cho việc đào tạo trang bị thêm kiến thức cho sinh viên chuyên ngành.

Từ khóa - khí thải dư thừa; máy lạnh bằng hiệu ứng xoáy; môi trường; nước lạnh; điều hoà không khí; mô hình máy lạnh.

Abstract - In fact, today, the compressed air supply and excess exhaust from enterprises and factories are not used, which is quite wasteful. So, using vortex effect refrigeration from the utilization of excess emission sources not only saves energy but also contributes to solving environmental problems and reducing production costs. Besides, using vortex effect refrigeration can produce cold water, provide cool drinking water to workers in factories and enterprises. The method can also be applied to produce air conditioners, supply cool air to the working environment at production sites of plants and enterprises, contributing to improving labor efficiency of workers. Moreover, in their research, the authors have built a vortex effect refrigerator model to be used for training and equipping specialized students with useful practical knowledge.

Key words - excess emissions; refrigeration with vortex effect; environment; cold water; air-conditioning; refrigerator model.

1. Đặt vấn đề

Trong giai đoạn hiện nay, khi giá cả của các loại nhiên liệu trong đó có xăng, dầu, khí dầu mỏ hóa lỏng LPG, mặc dù có phần cải thiện theo xu hướng giảm của thị trường thế giới, tuy nhiên các nguồn năng lượng hóa thạch ngày càng khan hiếm và trở nên gần như cạn kiệt, thì vấn đề tiết kiệm năng lượng càng trở nên cấp bách hơn bao giờ hết. Đi đôi với việc tìm kiếm các nguồn năng lượng mới như năng lượng mặt trời, năng lượng gió, địa nhiệt, biogas, Biomass, năng lượng thủy triều... để thay thế, cần phải biết sử dụng có hiệu quả các nguồn năng lượng, giảm các tổn thất bằng cách đưa ra các mô hình thiết bị có tính sáng tạo, có hiệu quả làm việc cao hơn, tận dụng các nguồn phế thải để tái sử dụng. Đặc biệt, ngày nay, khi cuộc sống ngày càng được nâng cao thì nhu cầu thoải mái đời sống tinh thần càng được chú ý, nhất là trong lĩnh vực lạnh và điều hoà không khí. Vì vậy, việc lựa chọn nghiên cứu máy lạnh nhờ hiệu ứng xoáy có những lý do sau:

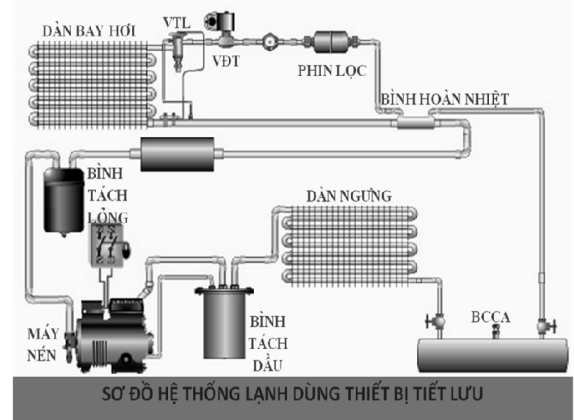
- Nhu cầu máy lạnh để phục vụ làm lạnh nước cung cấp nguồn nước uống và làm điều hoà không khí có chi phí khá lớn và tốn kém nhiều điện năng, cho nên máy lạnh sử dụng bằng hiệu ứng xoáy sẽ tiết kiệm được chi phí điện năng.
- Các nguồn khí nén thải dư thừa từ các xí nghiệp, nhà máy không được sử dụng là khá lãng phí.
- Việc sử dụng máy lạnh nhờ hiệu ứng xoáy sẽ góp phần giải quyết vấn đề môi trường.
- Giảm chi phí sản xuất, nâng cao hiệu quả lao động trong nhà máy, xí nghiệp.

2. Các phương pháp làm lạnh sử dụng trong thực tế

Hiện nay, chúng ta có nhiều phương pháp làm lạnh khác nhau được đưa vào nghiên cứu và triển khai sử dụng trong thực tế như sau:

2.1. Làm lạnh nhân tạo bằng giãn nở đoạn nhiệt không sinh ngoại công (Làm lạnh nhờ hiệu ứng tiết lưu)

Dựa vào đặc điểm của quá trình tiết lưu là quá trình giảm áp suất do ma sát mà không sinh ra ngoại công khi môi chất chuyển động qua những vị trí có trở lực tăng lên đột ngột (ví dụ như van tiết lưu, ống mao) [2], [3].



Hình 1. Hệ thống lạnh dùng thiết bị tiết lưu

Hệ thống lạnh này là phức tạp và tốn kém điện năng.

2.2. Làm lạnh bằng giãn nở đoạn nhiệt sinh ngoại công

Đó là quá trình giãn nở của các chất khí đẳng entropy từ áp suất cao đến áp suất thấp. Phương trình: $ds = 0$.

Hiệu ứng giãn nở đoạn nhiệt: chính là tỉ số giữa sự biến thiên nhiệt độ với sự biến thiên áp suất trong quá trình giãn nở đẳng entropy.

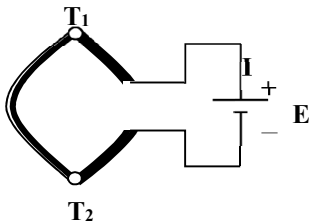
$$\text{Ta có: } \alpha_s = \left(\frac{dT}{dP} \right)_s = \frac{T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p}{C_p} > 0 \quad (1)$$

Đồng thời: $\alpha_s > 0$, $T'' < T'$: Nhiệt độ sau giãn nở entropi luôn giảm [2], [3].

* Chu trình lý thuyết hoạt động tương tự như chu trình của máy lạnh sử dụng van tiết lưu. Tuy nhiên, khi so sánh với hệ thống sử dụng thiết bị tiết lưu thì hệ thống lạnh sử dụng thiết bị giãn nở khá công kênh, khó chế tạo và đắt tiền.

2.3. Làm lạnh nhờ hiệu ứng nhiệt điện Peltier [2], [3]

Khi cho dòng điện đi qua một cặp bán dẫn khác nhau thì một đầu chất bán dẫn sẽ hấp thụ nhiệt, nóng dần lên, đầu bên kia sẽ tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh, lạnh dần đi. Nếu cho dòng điện chạy ngược lại thì đầu nhả nhiệt sẽ trở thành đầu hấp thụ nhiệt và đầu thu nhiệt trở thành đầu nhả nhiệt.



Hình 2. Hiệu ứng Peltier

Nhiệt lượng: $Q = \Pi \cdot I$

Với: Π là hệ số tỉ lệ Peltier; I là cường độ dòng điện.

Ta có: $\Pi = \alpha \cdot T$

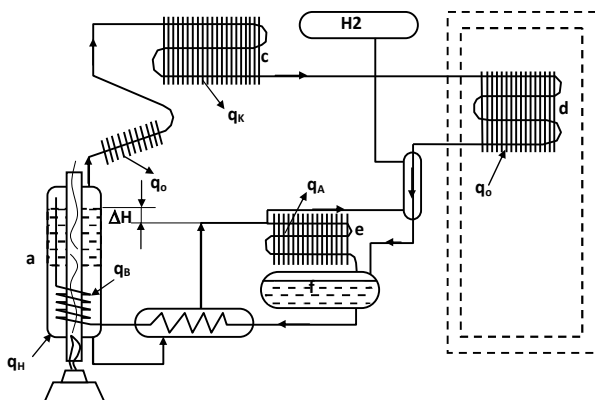
Đầu nóng T_1 có: $\Pi_1 = \alpha \cdot T_1 \longrightarrow Q_1 \Pi = \alpha \cdot T_1 \cdot I$ (2)

Đầu lạnh T_2 có: $\Pi_2 = \alpha \cdot T_2 \longrightarrow Q_2 \Pi = \alpha \cdot T_2 \cdot I$ (3)

* Máy lạnh Peltier có ưu điểm là không có bộ phận chuyển động nên không ồn, độ tin cậy cao; Không có môi chất nên không sợ rò rỉ, không tính sức bền; Cấu tạo thiết bị đơn giản, gọn nhẹ, dễ sử dụng. Tuy nhiên, loại máy lạnh này có nhược điểm: ε nhỏ, tiêu hao nhiều điện năng.

2.4. Làm lạnh nhờ hấp thụ [2], [5]

Phương pháp làm lạnh bằng hấp thụ được thực hiện nhờ các phản ứng hoá nhiệt liên tiếp nhau của môi chất làm lạnh và chất hấp thụ. Trong đó, môi chất có nhiệt độ sôi thấp hơn là môi chất làm lạnh, môi chất có nhiệt độ sôi cao hơn gọi là môi chất hấp thụ trong cùng một vùng áp suất. Môi chất làm lạnh là NH_3 , H_2O và môi chất hấp thụ là H_2O , Br (Brôm).



Hình 3. Máy lạnh kiểu hấp thụ

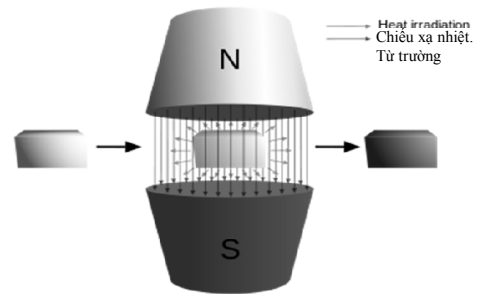
Máy lạnh này hoạt động có 2 vòng tuần hoàn, một vòng tuần hoàn của dung dịch và vòng tuần hoàn thứ hai là của

Hydro. Bình chứa Hydro dùng để cân bằng áp suất khi nhiệt độ bên ngoài thay đổi.

Hệ thống lạnh này có thể tận dụng được các nguồn nhiệt thải nhưng hiệu quả không cao.

2.5. Làm lạnh bằng từ trường [1], [4]

Phương pháp làm lạnh này dựa vào nguyên lý làm lạnh từ nhiệt. Ở đây ta thực hiện quá trình khử từ một cách đoạn nhiệt, entropy từ tăng lên dẫn đến sự giảm của entropy mạng làm vật từ bị lạnh đi. Nếu ta càng làm biến đổi entropy từ lớn, sẽ dẫn đến khả năng làm lạnh lớn. Người ta sử dụng hiệu ứng này để tạo ra nhiệt độ siêu thấp, tới hàng mili Kelvin cho các kỹ thuật nhiệt độ thấp.



Hình 4. Làm lạnh bằng hiệu ứng từ nhiệt

Trong kỹ thuật từ nhiệt, để có khả năng biến đổi nhiệt độ lớn, yếu tố quan trọng là sự biến thiên entropy từ, nó phụ thuộc vào các tính chất nội tại và bên ngoài vật liệu theo công thức: $\Delta S_m = \int_0^{H_{\max}} \left(\frac{\partial M}{\partial T} \right) dH$ (4)

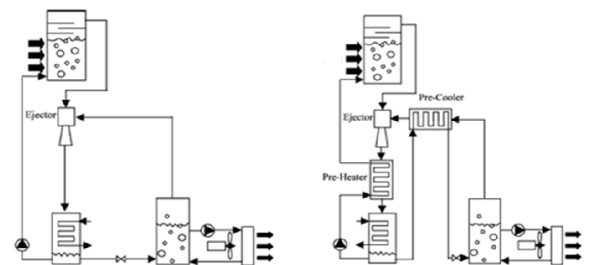
Còn độ biến thiên nhiệt độ có thể viết gần đúng như tỉ lệ tuyến tính với biến thiên entropy từ:

$$\Delta T_{ad} = - \int_0^{H_{\max}} \frac{T}{C(T, H)} \left(\frac{\partial M}{\partial T} \right) dH \quad (5)$$

Trong kỹ thuật làm lạnh từ nhiệt, vấn đề tìm ra được vật liệu thích hợp là rất quan trọng.

2.6. Hệ thống lạnh sử dụng Ejector [2], [3]

Về tổng quan, nguyên lý hoạt động của hệ thống lạnh Ejector tương tự như một hệ thống lạnh nén hơi thông thường, ngoại trừ máy nén lạnh được thay thế bằng một hệ thống gồm có Ejector, bình sinh hơi và bơm môi chất (Hình 5).



Hình 5. Máy lạnh Ejector truyền thống và loại có hồi nhiệt

Hơi môi chất nhiệt độ cao đi vào vòi phun của Ejector và được tăng tốc, giãn nở sau khi đi qua vòi phun ống Laval để đạt đến tốc độ siêu âm. Hơi môi chất lạnh với vận tốc cao này thoát ra khỏi vòi phun đã tạo ra một vùng áp suất âm xung quanh miệng vòi phun. Nhờ vậy mà hơi môi chất lạnh từ dàn bay hơi bị hút vào Ejector để hòa trộn với hơi áp suất cao thoát ra khỏi vòi phun trong buồng hòa trộn.

Tuy nhiên, hiệu quả của máy lạnh Ejector không cao.

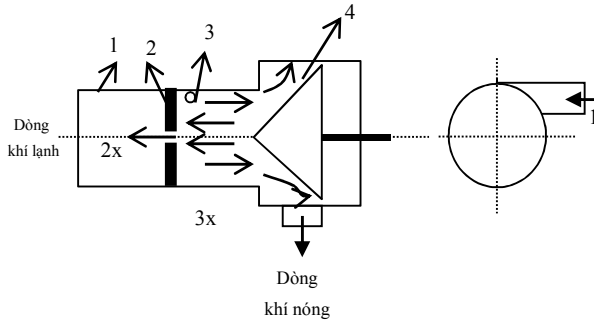
3. Nghiên cứu máy lạnh nhờ hiệu ứng xoáy

Tác nhân sử dụng trong hiệu ứng xoáy là chất khí có áp suất cao và nhiệt độ tương ứng bằng hoặc xấp xỉ với nhiệt độ môi trường xung quanh, được sử dụng ở các xí nghiệp công nghiệp có dòng không khí nén dư thừa.

3.1. Nghiên cứu lý thuyết

3.1.1. Sơ đồ cấu tạo của thiết bị lạnh nhờ hiệu ứng xoáy

Mô hình thiết bị lạnh nhờ hiệu ứng xoáy được trình bày như Hình 6.

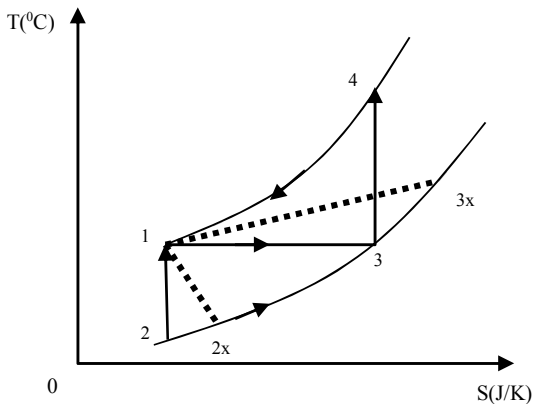


Hình 6: Sơ đồ nguyên lý cấu tạo của máy lạnh hiệu ứng xoáy

3.1.2. Xây dựng đồ thị

Ta xây dựng được đồ thị của quá trình làm lạnh nhờ hiệu ứng xoáy như sau:

- Trạng thái 1: là trạng thái dòng khí nén có tốc độ cao đi vào ống tạo xoáy.
- Trạng thái 2x: là trạng thái dòng khí lạnh chuyển động ngược lại có áp suất giảm và nhiệt độ giảm được đưa đến không gian phụ tải.
- Trạng thái 3x: là trạng thái dòng khí nóng thoát, được thải ra môi trường bên ngoài.



Hình 7. Đồ thị của thiết bị làm lạnh nhờ hiệu ứng xoáy

3.1.3. Nguyên lý làm việc

Không khí có áp suất cao đi qua vòi phun 3 vào ống xoắn theo phương tiếp tuyến, ống phun 3 lắp sát vách chắn 2. Dòng xoắn này sẽ giãn nở chạy trong ống 1. Trong quá trình chuyển động bên trong ống xoáy, dòng xoáy sẽ dần dần giảm đi. Các lớp ở tâm có vận tốc góc lớn tạo thành dòng xoáy. Tốc độ góc ở biên nhỏ và di chuyển về ty van 4, tức là đã có sự truyền động năng từ các lớp bên trong ra

các lớp bên ngoài. Khi đến ty van 4, luồng khí được chia làm hai phần, một phần ở ngoài biên (Sát vỏ ống) đi theo khe hở giữa ty van 4 với vỏ ống 1 ra ngoài với môi trường xung quanh có thông số 3x. Một phần nhỏ lượng khí ở lớp trong gần tâm ống đập vào ty van 4 và tạo xoáy, chuyển động đối ngược trở lại vách chắn 2. Trong quá trình chuyển động ngược chiều nhau giữa vòng ngoài biên và vòng trong tâm xảy ra quá trình trao đổi nhiệt từ vòng trung tâm ra vòng ngoài biên. Các lớp khí bên ngoài nhận động năng, do đó luồng không khí ở lớp ngoài biên nóng dần lên, trong khi đó luồng không khí ở tâm đi ngược lại bị mất năng lượng nên được làm lạnh dần đi.

3.1.4. Xác định các đại lượng của hiệu ứng xoáy [4]

Ta đánh giá hiệu ứng xoáy theo trị số:

Hệ số làm lạnh của hiệu ứng xoáy:

$$\theta_l = \frac{T_{2x}}{T_1} \quad (6) \text{ (càng bé càng tốt)}$$

Hệ số làm nóng của hiệu ứng xoáy:

$$\theta_n = \frac{T_{3x}}{T_1} \quad (7) \text{ (càng lớn càng tốt)}$$

Hiệu suất :

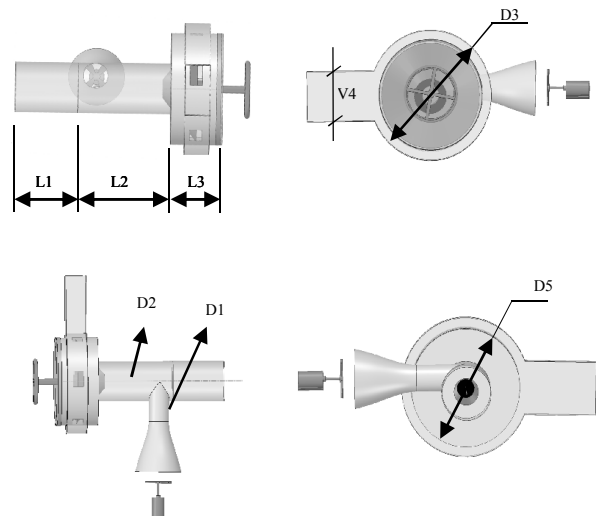
$$\eta = \frac{\Delta T_x}{\Delta T_s} = \frac{T_1 - T_{2x}}{T_1 - T_2} \quad (8)$$

3.2. Nghiên cứu chế tạo thực nghiệm

3.2.1. Xây dựng mô hình vẽ lý thuyết

Ứng dụng phần mềm Space Claim để thiết kế mô hình mẫu lý thuyết, cân đối chỉnh sửa phù hợp với kết cấu cũng như các kích thước phù hợp với thực tế, nhưng cũng đồng thời phù hợp với tính toán chuyển động của dòng tác nhân chuyển động trong ống.

Sau khi tính toán thiết kế thiết bị với các kích thước xác định, sử dụng phần mềm Space Claim để vẽ thiết bị với các hình chiếu như sau:



Hình 8: Hình chiếu đứng, cạnh, nằm máy lạnh hiệu ứng xoáy

Các kích thước cơ bản của mô hình chế tạo được trình bày ở Bảng 1.

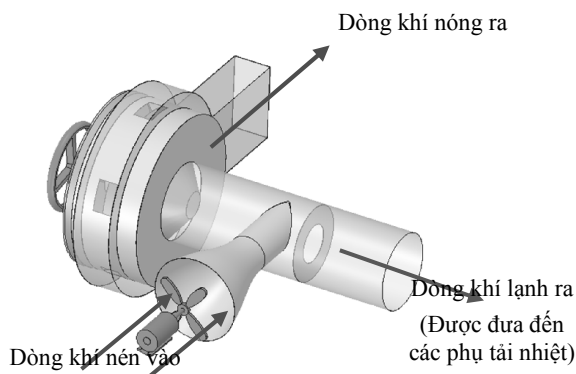
Bảng 1. Kích thước cơ bản của máy lạnh hiệu ứng xoáy

Lưu lượng khí	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Ghi
---------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----

(m ³ /phút) Mục	5	10	20	40	chú
kích thước (mm)					
Chiều dài ống thoát khí lạnh L1	300	550	990	1690	
Chiều dài thân ống trao đổi nhiệt L2	400	700	1225	1960	
Chiều dài khoang thoát khí nóng L3	180	320	570	910	
Đường kính ống khí nén đi vào D1	100	180	325	550	
Đường kính ống thoát khí lạnh D2	180	330	605	1030	
Đường kính khoang thoát khí nóng D3	600	1050	1840	3120	
Kích thước ống thoát khí nóng V4	140	240	410	660	
Đường kính khoang điều chỉnh ty van D5	520	900	1560	2495	

3.2.2. Xây dựng mô hình không gian của máy lạnh nhờ hiệu ứng xoáy

Từ các kích thước cơ bản đã được tính toán tùy thuộc vào lượng khí nén thoát ra từ các nguồn phụ tải, ta xây dựng được mô hình của máy lạnh hiệu ứng xoáy như Hình 9.



Hình 9. Mô hình không gian của máy lạnh hiệu ứng xoáy

3.2.3. Chế tạo máy lạnh nhờ hiệu ứng xoáy

Trên mô hình thiết kế, tác giả đã triển khai chế tạo mô hình thực nghiệm như Hình 10:



Hình 10. Chế tạo thực tế máy lạnh nhờ hiệu ứng xoáy

3.2.4. Vận hành thử nghiệm máy lạnh hiệu ứng xoáy

- Toàn bộ hệ thống máy lạnh được lắp trên bệ đỡ, gá giữ chặt để tránh xô dịch và chuyển động khi máy đang hoạt động.

- Điều chỉnh tay vặn van để di chuyển ti van, làm nón van chuyển động dọc theo trục nhằm điều chỉnh khe hở giữa nón van và thân vỏ chính. Việc điều chỉnh khe hở này làm ảnh hưởng rất nhiều đến khả năng thoát khí thải ra bên

ngoài, đồng thời điều chỉnh được áp suất dòng khí nén đi trong ống chính, điều đó sẽ ảnh hưởng đến nhiệt độ của gió lạnh đi đến không gian phụ tải.

Phụ tải được sử dụng ở đây có thể là các không gian phân xưởng, phòng máy móc thiết bị cần được trang bị điều hòa không khí phục vụ cho đội ngũ công nhân, người lao động, hoặc có thể là các dàn trao đổi nhiệt có nước lạnh chạy bên trong, tạo ra nước làm mát phục vụ cho người lao động, nhất là vào mùa hè.

- Để thay thế cho nguồn khí nén thừa từ nhà máy, xí nghiệp, dây chuyền sản xuất..., trong quá trình làm thực nghiệm, tác giả sử dụng quạt gió cấp nguồn khí nén cho máy lạnh để đo đạc, lấy số liệu thực tế. Dòng khí nén sau khi sử dụng sẽ được xả ra môi trường.

3.2.5. Điều kiện hoạt động của máy lạnh hiệu ứng xoáy

- Nguồn khí nén thừa từ các nhà máy, xí nghiệp, các phân xưởng sản xuất cần phải có áp lực lớn để đủ khả năng tạo xoáy khi chuyển động trong thiết bị tạo xoáy nhờ bố trí tiếp tuyến.

- Dòng khí nén khi đưa vào máy tạo hiệu ứng xoáy phải ít bụi bẩn và không có khí độc, hơi độc làm ảnh hưởng đến chất lượng phụ tải, nhất là khi sử dụng làm điều hòa không khí.

- Nhiệt độ của dòng khí nén thải cao hơn nhiệt độ môi trường (2-4)°C.

4. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu lý thuyết và chế tạo thực nghiệm mô hình máy lạnh nhờ hiệu ứng xoáy, so với các mô hình máy lạnh hiện nay, ta thấy mỗi loại máy lạnh có ưu nhược điểm khác nhau. Việc sử dụng hệ thống máy lạnh nhờ hiệu ứng xoáy giúp tiết kiệm một phần năng lượng, góp phần cải thiện môi trường, tránh lãng phí. Đồng thời, qua nghiên cứu này, mô hình chế tạo thực nghiệm có thể áp dụng vào việc giảng dạy cho sinh viên chuyên ngành Nhiệt lạnh. Mô hình thí nghiệm cần được thử nghiệm và đo đạc các thông số kỹ thuật như tốc độ gió, áp suất dòng khí nén, lưu lượng dòng khí, nhiệt độ của gió tại các cửa ra, đồng thời cần tính toán thêm về tính động học và khí động để đưa ra được các điều chỉnh thiết kế hợp lý hơn phục vụ cho nhu cầu thực tế khi có nguồn khí nén thải dư thừa, góp phần tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Bốn, *Tính toán thiết bị trao đổi nhiệt*, Nhà xuất bản Đà Nẵng, 2005.
- [2] Đinh Văn Thuận, Võ Chí Chính, *Hệ thống máy và thiết bị lạnh*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
- [3] Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy, *Kỹ thuật lạnh cơ sở*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1992.
- [4] Bùi Hải, Dương Đức Hồng, Hà Mạnh Thư, *Thiết bị trao đổi nhiệt*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1999.
- [5] Trần Thanh Kỳ, *Máy và thiết bị lạnh*, Đại học Quốc gia Hồ Chí Minh, 1992..