

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nêu trong Luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tôi xin cam đoan ằng mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện Luận văn này đã được cảm ơn và các thông tin trích dẫn trong Luận văn đã được chỉ rõ nguồn gốc.

Học viên thực hiện Luận văn

(Ký và ghi rõ họ tên)

TRẦN TRUNG KIÊN

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận văn này, tôi đã nhận được sự hướng dẫn, giúp đỡ quý báu của các thầy cô, các anh chị, bạn bè. Với lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc tôi xin được bày tỏ lời cảm ơn chân thành tới:

Ban giám hiệu, Phòng đào tạo sau đại học trường Đại học Kỹ Thuật Công Nghệ đã tạo mọi điều kiện thuận lợi giúp đỡ tôi trong quá trình học tập và hoàn thành luận văn.

Phó giáo sư - Tiến sĩ Bùi Xuân Lâm, người thầy kính mến đã hết lòng giúp đỡ, dạy bảo, động viên và tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận văn tốt nghiệp.

Tất cả người thân, bạn bè và đồng nghiệp đã động viên, giúp đỡ tác giả trong quá trình học tập cũng như trong quá trình làm luận văn.

Trần Trung Kiên

TÓM TẮT

Với hai ưu điểm lớn là có thể hoạt động bằng những nguồn nhiệt thải, năng lượng mặt trời và môi chất làm việc không gây tác hại đối với môi trường, máy lạnh hấp thụ ngày càng được sử dụng phổ biến. Con người đã biết thay thế từ máy nước nóng dùng điện sang dùng năng lượng mặt trời để tiết kiệm năng lượng, bảo vệ môi trường, thực tế cho thấy hiện nay hầu hết các căn hộ cao cấp đều lắp các máy nước nóng sử dụng năng lượng mặt trời. Vì vậy ý tưởng thay thế máy lạnh dùng điện sang dùng năng lượng mặt trời là có thể khả thi.

Với ý tưởng đó, luận văn này tập trung nghiên cứu các vấn đề sau:

- Kết cấu và nguyên lý hoạt động của máy lạnh hấp thụ và so sánh với các loại máy lạnh khác.
- Các nguồn năng lượng sử dụng máy lạnh hấp thụ: phân tích hiệu quả, kết cấu hệ thống.
- Đề xuất mô hình máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời cho căn hộ.
- Tính toán thiết kế sơ bộ máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ làm hệ thống điều hòa trung tâm cho căn hộ cao cấp.
- So sánh hiệu quả kinh tế máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời với máy lạnh dùng điện cho căn hộ cao cấp.

ABSTRACT

Compared to other types of refrigerators, absorption refrigerators show big advantages such as the required energy sources can be exhausted gas or solar energy and almost no environment pollution as a result. Recently, many types of water heaters used for houses and offices are using solar energy. Therefore, it is feasible to use the solar energy for absorption refrigerators.

This project investigates the following problems:

- Analyze the structure and the operating principles of absorption refrigerators, and compare to other types of refrigerators.
- Analyze the efficiency of different power sources using for the absorption refrigerators.
- Propose the model of the absorption refrigerator using for house (with solar power as the power source).
- Calculate, design $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ absorption refrigerator for the central air conditioning system for a luxury apartment.
- Compare the economic efficiency of solar power refrigerator and electricity power refrigerator.

9. Danh mục các từ viết tắt

10. Danh mục các bảng

- 2.1 Bảng các giá trị của hệ số a_{ij} [Entanpi của dung dịch]
- 2.2 Bảng các giá trị của hệ số a_{ij} [Khối lượng riêng của dung dịch]
- 2.3 Bảng các giá trị của hệ số a_{ij} [Entanpi của tác nhân lạnh]
- 2.4 Bảng các giá trị của hệ số a_{ij} [Nhiệt độ bão hòa của tác nhân lạnh]
- 2.5 Bảng các giá trị của hệ số a_{ij} [Nồng độ của dung dịch]
- 2.6 Bảng các giá trị của hệ số bậc biến
- 3.1 Giá trị các thông số của các trạng thái đặt trung.
- 3.2 Bảng thông số bức xạ mặt trời các vùng trên thế giới.
- 3.3 Bảng thông số bức xạ mặt trời tại thành phố Hồ Chí Minh
- 3.4 Bảng thông số bức xạ mặt trời tại Hà Nội.

11. Danh mục các biểu đồ, đồ thị, sơ đồ, hình ảnh

- 1.1 Máy lạnh hấp thụ của hãng Broad
- 1.2 Máy lạnh hấp thụ của hãng TRANE
- 1.3 Máy lạnh hấp thụ của hãng DAIKIN
- 1.4 Máy lạnh hấp thụ của hãng McQuay
- 1.5 Máy lạnh hấp thụ của hãng YORK
- 2.1 Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ
- 2.2 Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ một cấp
- 2.3 Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ hai cấp
- 2.4 Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ ba cấp
- 2.5 Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp trên đồ thị Dühring “Entanpi - Nhiệt độ - Nồng độ”

- 2.6 Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp trên đồ thị Dühring “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ”
- 2.7 Bình phát sinh.
- 2.8 Bình ngưng tụ
- 2.9 Bình bay hơi.
- 2.10 Bình hấp thụ
- 2.11 Bình hồi nhiệt
- 3.1 Chu trình máy lạnh hấp thụ trên đồ thị $\log p - T$ và đồ thị $i - c$
- 3.2 Các bảng số liệu về các tính chất nhiệt động và các bảng về các thông số nhiệt vật lý của dung dịch $H_2O/LiBr$

Chương 1 : GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI

1.1 Đặt Vấn Đề

Từ hàng ngàn năm trước, con người đã biết sử dụng băng tuyết để bảo quản thực phẩm và kỹ thuật làm lạnh tự nhiên này được sử dụng đến tận đầu thế kỷ 18. Năm 1834, chiếc máy lạnh đầu tiên của thế giới được chế tạo bởi nhà khoa học Jacop Perskin đã đánh dấu bước tiến mới của con người trong kỹ thuật làm lạnh, đó là kỹ thuật làm lạnh nhân tạo. Kể từ đó, kỹ thuật làm lạnh này không ngừng được nghiên cứu, phát triển và máy lạnh không còn chỉ dùng để bảo quản thực phẩm.

Đã có nhiều loại máy lạnh được phát minh và chế tạo như: máy lạnh nén hơi, máy lạnh hấp thụ, máy lạnh ejector, máy lạnh nhiệt điện... trong đó, đáng chú ý nhất là loại máy lạnh nén hơi. Máy lạnh nén hơi hoạt động dựa trên nguyên lý sử dụng quá trình sôi, hóa hơi và quá trình ngưng tụ của một loại chất lỏng (tác nhân lạnh) để nhận nhiệt lượng từ đối tượng cần được làm lạnh và nhả ra môi trường bên ngoài với năng lượng cấp vào cho chu trình làm việc là cơ năng. Với rất nhiều ưu điểm như: hệ số COP (hệ số làm lạnh) cao, kết cấu nhỏ gọn, làm việc tin cậy, giá thành thấp, phạm vi áp dụng rộng... máy lạnh nén hơi là loại máy lạnh được chế tạo và sử dụng phổ biến nhất so với các loại còn lại.

Tuy nhiên, thế giới hiện tại đang đối mặt với hai vấn đề lớn, ô nhiễm môi trường sống và nguồn dầu mỏ đang cạn kiệt, mà máy lạnh nén hơi là một trong những yếu tố làm tăng tính nghiêm trọng của hai vấn đề này. Đa số các tác nhân lạnh (chất CFC và HCFC) đang được sử dụng trong máy lạnh nén hơi có tác hại phá hủy tầng ozone và gây hiệu ứng nhà kính; năng lượng hoạt động (cơ năng) của máy lạnh phần lớn bắt nguồn từ dầu mỏ và việc tiêu thụ dầu mỏ sản sinh ra các khí gây hiệu ứng nhà kính. Vì thế, con người đang phải cân nhắc lại khả năng ứng dụng của máy lạnh nén hơi.

Có những biện pháp đang được thực hiện nhằm giảm thiểu tác hại của việc sử dụng máy lạnh như: thay tác nhân lạnh là chất CFC bằng chất HFC; hạn chế sử dụng dầu mỏ bằng cách chuyển sang sử dụng các dạng năng lượng khác như năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng nước... Tuy nhiên, các biện pháp trên

không thể được thực hiện một cách có hiệu quả trong một sớm một chiều.

Trong bối cảnh đó, máy lạnh hấp thụ trở thành một trong những giải pháp rất hiệu quả giúp giải quyết các vấn đề mà máy lạnh nén hơi gặp phải. Về nguyên lý hoạt động, máy lạnh hấp thụ cũng sử dụng quá trình sôi, hóa hơi và quá trình ngưng tụ của tác nhân lạnh để nhận nhiệt lượng từ vật cần làm lạnh và thải ra môi trường, tuy nhiên, năng lượng cấp vào chu trình làm việc lại là nhiệt năng. Máy lạnh hấp thụ có hai ưu điểm lớn là tác nhân lạnh không gây tác hại đối với môi trường và nhiệt lượng cấp vào máy lạnh hấp thụ có thể lấy từ nguồn nhiệt thải như khí xả của động cơ diesel, khí xả của các lò luyện kim, nước làm mát động cơ... từ năng lượng mặt trời, từ việc đốt các loại nhiên liệu như trấu, than bùn...

Thực tế, máy lạnh hấp thụ đã được phát minh từ năm 1858 bởi nhà khoa học người Pháp Ferdinand Carré nhưng đã không cạnh tranh nổi với máy lạnh nén hơi do có nhược điểm kích thước lớn và hệ số làm lạnh thấp. Tuy nhiên, với những ưu điểm sẵn có cộng sự tiến bộ của con người trong kỹ thuật chế tạo và vật liệu, ngày nay, máy lạnh hấp thụ được sản xuất rộng rãi và từng bước cạnh tranh với máy lạnh nén hơi trong cả hai lĩnh vực làm lạnh và điều hòa không khí.

Ở Việt Nam, máy lạnh hấp thụ chỉ được nhập khẩu và sử dụng rất hạn chế. Như đã nói, máy lạnh hấp thụ có thể hoạt động với nguồn nhiệt như năng lượng mặt trời, khí xả từ các động cơ diesel, nước làm mát động cơ... Vì thế, mục tiêu mà đề tài hướng đến là xây dựng cơ sở lý thuyết tính toán, thiết kế máy lạnh hấp thụ hoạt động bằng năng lượng mặt trời cho căn hộ cao cấp.

Kết quả nghiên cứu của đề tài có thể làm nền tảng cho việc tính toán hệ thống điều hòa không khí dạng hấp thụ sử dụng cho hộ gia đình

1.2 Đối tượng nghiên cứu của đề tài

Hiện nay hầu hết các hệ thống lạnh sử dụng trong công nghiệp cũng như dân dụng đều là kiểu nén hơi. Hàng năm, các hệ thống này tiêu tốn một chi phí rất lớn cho năng lượng hoạt động và có nguy cơ gây ra nhiều tác động xấu đến môi trường.

Với hai ưu điểm lớn là có thể hoạt động bằng nguồn nhiệt từ mặt trời và môi chất làm việc không gây tác hại đến môi trường, máy lạnh hấp thụ rất thích hợp thay

thể các máy lạnh nén hơi làm hệ thống điều hòa trung tâm cho các tòa nhà hặc ít nhất là chạy song song với máy lạnh nén hơi để tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường. Vì thế, đối tượng mà đề tài này muốn nghiên cứu là máy lạnh hấp thụ hoạt động bằng nguồn nhiệt từ mặt trời cho căn hộ cao cấp

1.3 Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu mà đề tài này hướng đến là xây dựng thành công một phần cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế máy lạnh hấp thụ hoạt động bằng năng lượng mặt trời dùng với mục đích điều hòa không khí cho căn hộ cao cấp. Từ các kết quả nghiên cứu của đề tài, tiến đến nghiên cứu chế tạo máy lạnh hấp thụ sử dụng trong công nghiệp cũng như dân dụng, góp phần cải thiện môi trường sống của con người, tiết kiệm năng lượng và thương mại hóa thiết bị.

1.4 Tính cấp thiết và tầm quan trọng của đề tài

Máy lạnh hấp thụ đã được nghiên cứu, chế tạo và thương mại hóa từ lâu ở các nước như Mỹ, Trung Quốc, Hàn Quốc, Nhật Bản...Ở nước ta, số lượng các công trình nghiên cứu về máy lạnh hấp thụ còn rất hạn chế, các máy lạnh hấp thụ được chế tạo chủ yếu với mục đích thí nghiệm, nghiên cứu chứ chưa có một đơn vị nào có khả năng chế tạo máy lạnh hấp thụ với mục đích thương mại. Đây là sự thua thiệt của chúng ta so với các nước.

Kết quả nghiên cứu của đề tài cộng với các công trình nghiên cứu khác của các nhà khoa học trong nước sẽ là nền tảng cho ngành chế tạo máy lạnh hấp thụ trong tương lai của nước ta, giúp Việt Nam theo kịp xu hướng phát triển của thế giới.

1.5 Tình hình nghiên cứu trong nước và trên thế giới

1.5.1 Tình hình nghiên cứu trong nước

Ở Việt Nam, đã có một số công trình nghiên cứu về máy lạnh hấp thụ như:

1. *Đề tài KH và CN cấp nhà nước “Nghiên cứu lựa chọn quy trình công nghệ, thiết kế, chế tạo một số thiết bị lạnh sử dụng nguồn năng lượng rẻ tiền tại địa phương để phục vụ sản xuất và đời sống” của PGS.TS Trần Thanh Kỳ, trường Đại học Bách Khoa TP.HCM.*

Với đề tài này, PGS.TS Trần Thanh Kỳ đã nghiên cứu và chế tạo thành công máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ dùng để sản xuất nước đá, sử dụng than cám (hoặc các phế phẩm khác như trấu, mùn cưa...) làm chất đốt hoạt động. Thiết bị thích hợp ứng dụng cho các vùng thiếu điện và có sẵn các nguồn chất đốt trên.

Máy này có thể sản xuất nước đá cây và nước đá viên với tốc độ nhanh chỉ với 4 giờ, trong khi với công nghệ cũ như hiện nay việc này kéo dài trong 20 giờ, giá thành sản xuất nước đá sẽ cũng rẻ hơn so với sử dụng điện.

Ưu điểm của hệ thống là tận dụng được nguồn chất đốt sẵn có để hoạt động, thời gian chi phí sản xuất nước đá ít. Tuy nhiên, hệ thống lại có nhược điểm là kích thước lớn, chi phí đầu tư ban đầu và chi phí bảo dưỡng lớn, hệ số làm lạnh thấp, việc đốt than cám tạo ra các khí độc... Đến nay, hệ thống này vẫn chưa được ứng dụng trong thực tế.

2. Công trình “Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thực nghiệm mẫu máy lạnh hấp phụ sử dụng năng lượng mặt trời với cặp môi chất là than hoạt tính và methanol” của tác giả Hoàng Dương Hùng, trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng và đồng tác giả Trần Ngọc Lâm, Sở Khoa học Công nghệ Quảng Trị.

Với công trình nghiên cứu này, hai tác giả Hoàng Dương Hùng và Trần Ngọc Lâm đã nghiên cứu chế tạo thành công máy lạnh hấp phụ dùng sản xuất nước đá hoạt động bằng năng lượng mặt trời.

Máy lạnh hấp phụ này có ưu điểm là kết cấu gọn nhẹ, hoạt động bằng năng lượng mặt trời nên gần như không tốn chi phí gì cho năng lượng hoạt động. Tuy nhiên, thiết bị lại có nhược điểm lớn là chỉ có thể làm lạnh gián đoạn, công suất nhỏ, chi phí cao, cũng chưa thể ứng dụng vào thực tế.

Ngoài ra, còn có một số công trình nghiên cứu về máy lạnh hấp thụ của các nhà khoa học khác trong nước.

1.5.2 Tình hình nghiên cứu trên thế giới

Trên thế giới, máy lạnh hấp thụ đã được nghiên cứu, chế tạo từ rất lâu, được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực.

Riêng máy điều hòa không khí kiểu hấp thụ, thiết bị này ngày nay được cải tiến rất nhiều về kích thước, hình dạng và hệ số làm lạnh. Trong thực tế, các máy điều hòa kiểu hấp thụ được chế tạo thường có năng suất lạnh từ 35kW trở lên. Ba nước sản xuất hàng đầu là Trung Quốc, Nhật và Hàn Quốc (chiếm 83% sản lượng toàn thế giới). Nguồn Internet máy lạnh hấp thụ các hãng lớn:



Hình 1.1: Máy lạnh hấp thụ của hãng Broad



Hình 1.2: Máy lạnh hấp thụ của hãng TRANE



Hình 1.3: Máy lạnh hấp thụ của hãng DAIKIN



Hình 1.4: Máy điều hòa hấp thụ của hãng McQuay



Hình 1.5: Máy điều hòa hấp thụ của hãng YORK

1.6 Các nội dung chính của đề tài

Đề tài bao gồm các nội dung chính sau:

- Phân tích kết cấu và nguyên lý hoạt động của các loại máy lạnh hấp thụ.
- Các nguồn năng lượng sử dụng máy lạnh hấp thụ.
- Đề xuất mô hình máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời phù hợp cho căn hộ cao cấp.
- Tính toán thiết kế sơ bộ máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ làm hệ thống điều hòa trung tâm cho căn hộ cao cấp.
- So sánh hiệu quả với việc sử dụng máy lạnh thông thường

1.7 Giới hạn của đề tài

Đề tài sẽ xây dựng phần cơ sở lý thuyết dùng để tính toán thiết kế sơ bộ máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời cho căn hộ cao cấp nhưng chưa đủ điều kiện chế tạo một hệ thống thật.

1.8 Bố cục của đề tài

Đề tài được chia thành 4 chương và các phần phụ lục:

- Chương 1: Giới thiệu tổng quan về đề tài.
- Chương 2: Giới thiệu về máy lạnh hấp thụ
- Chương 3: Tính toán thiết kế hệ thống lạnh hấp thụ cho căn hộ.
- Chương 4: So sánh hiệu quả của máy lạnh hấp thụ với máy lạnh dùng năng lượng điện.

Chương 2: GIỚI THIỆU MÁY LẠNH HẤP THỤ

2.1 Cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế máy lạnh hấp thụ

2.1.1 Giới thiệu chung về máy lạnh hấp thụ

Máy lạnh có vai trò vận chuyển nhiệt lượng từ môi trường cần làm lạnh (có nhiệt độ thấp) ra môi trường bên ngoài (có nhiệt độ cao). Về nguyên tắc, chiều chuyển động tự nhiên của dòng nhiệt là đi từ nơi có nhiệt độ cao đến nơi có nhiệt độ thấp. Muốn nhiệt lượng di chuyển theo chiều ngược lại từ nơi có nhiệt độ thấp đến nơi có nhiệt độ cao thì phải tiêu hao năng lượng. Ở máy lạnh nén hơi, dạng năng lượng tiêu hao là cơ năng, còn ở máy lạnh hấp thụ là nhiệt năng. Vậy, máy lạnh hấp thụ có thể được hiểu là loại máy lạnh sử dụng nhiệt năng để tạo ra hiệu quả làm lạnh. Cũng giống như máy lạnh nén hơi, quá trình hấp thụ nhiệt lượng từ môi trường cần làm lạnh trong máy lạnh hấp thụ được thực hiện nhờ vào sự sôi và hóa hơi của tác nhân lạnh.

Nhiệt năng cấp vào để hoạt động máy lạnh hấp thụ có thể được lấy từ hai loại nguồn nhiệt, nguồn nhiệt tốn chi phí (than, dầu D.O, gaz...) và nguồn nhiệt không tốn chi phí (năng lượng mặt trời, khí thải từ các động cơ diesel hay từ các lò nhiệt luyện, hơi nước thừa...). Có thể hoạt động với nguồn nhiệt không tốn chi phí là một trong những ưu điểm lớn của máy lạnh hấp thụ.

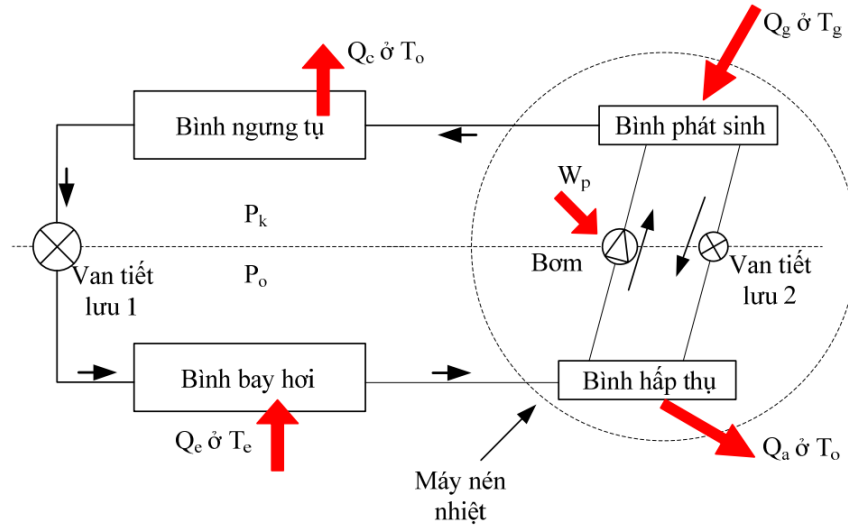
Thực tế cho thấy, việc sử dụng máy lạnh hấp thụ hoàn toàn không gây bất cứ vấn đề gì về môi trường. Hiện nay người ta dùng thuật ngữ thân thiện với môi trường (Environmental Friendly) để mô tả tính chất này. Các nhà nghiên cứu đã tìm thấy khá nhiều loại dung dịch có thể làm việc trong máy lạnh hấp thụ. Tuy nhiên về mặt thực tế các dung dịch $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O - LiBr}$ được sử dụng khá phổ biến. Điểm đặc trưng của máy lạnh hấp thụ sử dụng dung dịch $\text{H}_2\text{O - LiBr}$ là áp suất làm việc khá thấp vào khoảng 0.9% - 9% áp suất khí quyển. Như vậy trong quá trình vận hành, không thể nào xảy ra trường hợp chất làm việc trong máy lạnh hấp thụ rò rỉ ra ngoài. Ngược lại, có thể xảy ra trường hợp không khí từ

môi trường bên ngoài thẩm thấu vào bên trong hệ thống. Hiện nay với các tiến bộ đáng kể về công nghệ chế tạo, vật liệu và kỹ thuật điều khiển, một số nhược điểm của máy lạnh hấp thụ đã được khắc phục. Chính vì vậy theo nhiều nhà khoa học nhận định, thế kỉ 21 sẽ chứng kiến sự phát triển mạnh mẽ của máy lạnh hấp thụ đặc biệt trong kỹ thuật điều hòa không khí.

Tương tự như máy lạnh nén hơi, máy lạnh hấp thụ cũng đã được thương mại hóa từ rất lâu và được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực vào cả hai mục đích làm lạnh và điều hòa không khí.

2.1.2 Nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ

Công chất làm việc trong máy lạnh hấp thụ thường là một loại dung dịch hai thành phần, trong đó, một thành phần đóng vai trò tác nhân lạnh và thành phần còn lại đóng vai trò chất hấp thụ. Tại bình phát sinh, dung dịch cao áp giàu tác nhân lạnh nhận nhiệt lượng Q_g từ nguồn nóng, sôi và hơi tác nhân lạnh được sinh ra. Hơi tác nhân lạnh sinh ra từ bình phát sinh đi đến bình ngưng tụ, tại đây, nó nhả nhiệt lượng Q_c cho nước làm mát và ngưng tụ thành dạng lỏng. Sau khi ra khỏi bình ngưng tụ, tác nhân lạnh lỏng đi qua van tiết lưu 1 để giảm áp suất và chảy vào bình bay hơi. Tại bình bay hơi, tác nhân lạnh lỏng thấp áp nhận nhiệt lượng Q_e để hóa hơi và tạo ra tác dụng làm lạnh. Hơi tác nhân lạnh thấp áp sinh ra từ bình bay hơi đi vào bình hấp thụ và được hấp thụ bởi dung dịch nghèo tác nhân lạnh trở về từ bình phát sinh.



Hình 2.1: Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ

Dung dịch giàu tác nhân lạnh ở bình phát sinh sau khi nhận nhiệt lượng, sôi và hóa hơi trở thành dung dịch nghèo. Dung dịch nghèo này được dẫn qua van tiết lưu 2 để giảm áp suất và đi vào bình hấp thụ. Tại bình hấp thụ, dung dịch thấp áp nghèo tác nhân lạnh sẽ hấp thụ hơi tác nhân lạnh đến từ bình bay hơi và trở thành dung dịch giàu. Nhiệt lượng sinh ra của quá trình hấp thụ được truyền ra nguồn nhiệt bên ngoài. Dung dịch giàu tác nhân lạnh được bơm lên áp suất cao nhờ một bơm dung dịch và được cấp vào bình phát sinh, hoàn tất một chu trình làm lạnh.

Nếu như bỏ qua sự tụt áp thì máy lạnh hấp thụ hoạt động giữa áp suất của bình ngưng tụ và bình bay hơi. Áp suất trong bình hấp thụ bằng áp suất trong bình bay hơi và áp suất trong bình phát sinh bằng áp suất trong bình ngưng tụ.

Có thể thấy từ hình 2.1, máy lạnh hấp thụ cũng có các thiết bị như bình ngưng tụ, van tiết lưu và bình bay hơi giống như máy lạnh nén hơi. Tuy nhiên, điều khác biệt nằm ở cách mà tác nhân lạnh bị nén đến áp suất ngưng tụ. Trong máy lạnh nén hơi, hơi tác nhân lạnh được nén bởi một máy nén cơ, trong khi trong máy lạnh hấp thụ hơi tác nhân lạnh đầu tiên được chuyển sang dạng lỏng rồi mới được bơm đến áp suất ngưng tụ nhờ một bơm dung dịch. Đối với cùng một độ chênh áp, công yêu cầu để bơm chất lỏng (dung dịch) nhỏ hơn rất nhiều so với công yêu cầu để nén hơi do chất lỏng có thể tích riêng rất nhỏ, cơ năng

yêu cầu để hoạt động máy lạnh hấp thụ nhỏ hơn rất nhiều so với dùng để hoạt động máy lạnh nén hơi. Tuy nhiên, máy lạnh hấp thụ yêu cầu một lượng lớn nhiệt năng để hóa hơi tác nhân lạnh từ dung dịch trong bình phát sinh. Vì thế, trong khi dạng năng lượng cấp vào đối với máy lạnh nén hơi là cơ năng thì đối với máy lạnh hấp thụ chủ yếu là nhiệt năng, cơ năng cấp cho bơm dung dịch là không đáng kể so với lượng nhiệt cấp vào bình phát sinh.

Để đánh giá hiệu quả làm việc của máy lạnh hấp thụ người ta sử dụng hệ số COP (*Coefficient of performance*). Hệ số COP được tính như sau:

$$COP = \frac{Q_e}{Q_g + W_p} \approx \frac{Q_e}{Q_g} \quad (2.00)$$

2.1.3 Công chất dùng trong máy lạnh hấp thụ

2.1.3.1 Các yêu cầu đối với công chất dùng trong máy lạnh hấp thụ

Trong máy lạnh hấp thụ, công chất có vai trò nhận và vận chuyển nhiệt lượng từ môi trường cần làm lạnh ra môi trường bên ngoài. Công chất làm việc trong máy lạnh hấp thụ phải là dung dịch được trộn lẫn từ hai chất thuần khiết khác nhau, hai chất này phải không tác dụng hóa học với nhau và phải có nhiệt độ sôi khá cách biệt nhau khi ở cùng áp suất. Trong dung dịch gồm hai thành phần này, một chất đóng vai trò tác nhân lạnh và chất còn lại đóng vai trò chất hấp thụ. Hiệu quả của máy lạnh hấp thụ phụ thuộc đáng kể vào loại dung dịch được sử dụng.

Các yêu cầu đối với dung dịch làm việc trong máy lạnh hấp thụ bao gồm:

- Tác nhân lạnh phải có tính hòa tan cao với dung dịch trong bình hấp thụ.
- Độ chênh lệch điểm sôi giữa tác nhân lạnh và chất hấp thụ phải lớn 200°C để chỉ có tác nhân lạnh sôi trong bình sinh hơi. Điều này đảm bảo chỉ có tác nhân lạnh tuần hoàn trong mạch “*bình ngưng tụ - van tiết lưu - bình bay hơi*”, và tạo ra quá trình trao đổi nhiệt đẳng nhiệt bên trong bình bay hơi và bình ngưng tụ.
- Nhiệt lượng sinh ra trong quá trình hấp thụ phải nhỏ để đạt được hệ số

COP cao. Tuy nhiên, yêu cầu này mâu thuẫn với yêu cầu thứ nhất. Vì thế, trong thực tế, chỉ có thể lựa chọn một trong hai tính hòa tan hay mức độ phát nhiệt hấp thụ.

- Hỗn hợp tác nhân lạnh/chất hấp thụ phải có tính dẫn nhiệt cao và độ nhớt thấp.
- Không bị kết tinh hay hóa rắn bên trong máy lạnh.
- Phải có tính an toàn, ổn định về mặt hóa học, không ăn mòn, rẻ tiền và dễ kiểm.

2.1.3.2 Các loại công chất thông dụng

Có nhiều loại công chất đã được nghiên cứu và sử dụng trong các máy lạnh hấp thụ như các dung dịch: $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiCl}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiClO}_3$... Trong đó, $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ là hai loại dung dịch được sử dụng phổ biến nhất hiện nay.

Đối với dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$, NH_3 đóng vai trò là tác nhân lạnh và H_2O đóng vai trò là chất hấp thụ. Máy lạnh hấp thụ sử dụng dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ được ứng dụng vào mục đích làm lạnh do tác nhân lạnh NH_3 có nhiệt độ hóa hơi rất thấp.

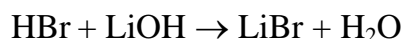
Còn đối với dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$, H_2O đóng vai trò là tác nhân lạnh và muối LiBr đóng vai trò là chất hấp thụ. Máy lạnh hấp thụ sử dụng dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ được ứng dụng vào mục đích điều hòa không khí do tác nhân lạnh H_2O không thể làm việc ở nhiệt độ âm. Đây là loại máy lạnh hấp thụ mà đề tài tập trung nghiên cứu.

Ưu điểm chung của các dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ là không gặp các vấn đề về môi trường như phá hủy tầng ozone, làm gia tăng nhiệt độ của bầu khí quyển. Tính chất của muối LiBr khan và dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$:

- LiBr là loại muối kết tinh màu trắng, có vị đắng, độ pH trung tính, không cháy có tính chất hóa học tương tự như muối ăn, khá ổn định ở điều kiện bình thường, không biến chất, không phân giải trong không khí. Nhiệt độ nóng chảy của muối LiBr khan là 549°C , nhiệt độ sôi là 1265°C . Muối LiBr có tính hút nước rất mạnh, dễ dàng kết hợp với nước để tạo thành dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$. Khối

lượng mol là 86.84

- Có thể tạo ra dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ bằng cách cho axit HBr phản ứng với bazơ LiOH :



- Dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ có tính hấp thụ nước rất mạnh. Dung dịch càng đậm đặc và nhiệt độ của dung dịch càng thấp thì tính hấp thụ nước càng mạnh.
- Dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ có vị mặn, không độc hại đối với con người. Tuy nhiên, do có tính hút nước rất mạnh, khi rơi vào da dung dịch sẽ gây cảm giác nóng, ngứa và khi rơi vào mắt có thể gây hỏng mắt.
- Ở nhiệt độ thấp hay ở trạng thái có nồng độ cao ($\geq 70\%$), dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ rất dễ kết tinh.
- Ở nhiệt độ cao ($\geq 150^\circ\text{C}$) cộng với sự có mặt của không khí, dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ ăn mòn rất mạnh mẽ thép, đồng và các hợp kim của đồng. Thông thường, các chất phụ gia được thêm vào để chống khả năng ăn mòn kim loại của dung dịch.

2.1.4 Ưu nhược điểm của máy lạnh hấp thụ

Ưu điểm:

- Nguồn nhiệt cấp vào để hoạt động máy lạnh rất đa dạng, có thể sử dụng các nguồn nhiệt không mất tiền như: năng lượng mặt trời, khí thải từ các động cơ, hơi nước sau khi ra khỏi các phụ tải... Điều này giúp máy lạnh hấp thụ có chi phí vận hành thấp và có thể được áp dụng ở những nơi thiếu điện.
- Công suất làm việc trong máy lạnh không gây tác hại cho môi trường.
- Máy lạnh hấp thụ có rất ít chi tiết chuyển động, kết cấu chủ yếu là các thiết bị trao đổi nhiệt và trao đổi chất. Bộ phận chuyển động duy nhất trong máy lạnh là bơm dung dịch. Vì vậy, việc vận hành máy lạnh khá đơn giản, độ tin cậy cao, máy lạnh làm việc ít ồn và rung.
- Trong vòng tuần hoàn tác nhân lạnh, không xảy ra hiện tượng dầu bôi trơn bị cuốn theo tác nhân lạnh, bám lên các bề mặt trao đổi nhiệt làm tăng nhiệt trở của

các bề mặt này như ở máy lạnh nén hơi.

- Không yêu cầu bảo dưỡng thường xuyên.
- Hệ số COP giảm không đáng kể theo tải.
- Sự có mặt của tác nhân lạnh lỏng tại cửa ra của bình bay hơi không gây bất kỳ hư hỏng nào.
- Hiệu quả làm việc không nhạy cảm với nhiệt độ bình bay hơi.

Nhược điểm:

- Máy lạnh hấp thụ có kích thước và khối lượng lớn hơn nhiều so với máy lạnh nén hơi ở cùng công suất.
- Chi phí đầu tư ban đầu cao hơn so với máy lạnh nén hơi.
- Hệ số làm lạnh thấp hơn nhiều so với máy lạnh nén hơi.
- Lượng tiêu hao nước làm mát, thời gian khởi động, tổn thất cho quá trình khởi động đều lớn hơn so với máy lạnh nén hơi.

➤ **Phân biệt máy lạnh hấp thụ với máy lạnh nén hơi bình thường**

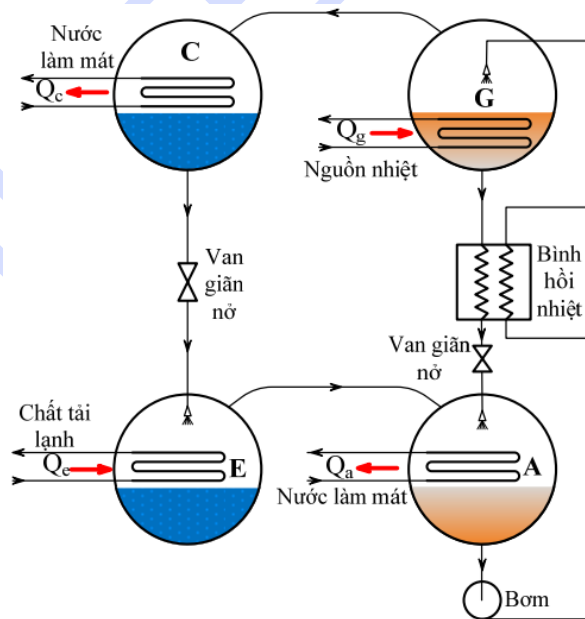
Nội Dung	Máy Lạnh Nén Hơi	Máy Lạnh Hấp Thụ
- Năng lượng sử dụng	Cơ năng (Điện năng)	Nhiệt năng
- Ảnh hưởng đến môi trường	Tác hại xấu đến môi trường	Thân thiện với môi trường
- Tác nhân lạnh	CFC và HCFC	H ₂ O/LiBr, NH ₃ /H ₂ O...
- Hệ số COP	Cao	Thấp
- Chi phí đầu tư	Thấp	Cao
- Chi phí vận hành	Cao	Thấp
- Khối lượng	Nhỏ gọn	To, cồng kềnh

2.1.5 Phân loại máy lạnh hấp thụ H₂O/LiBr

2.1.5.1 Máy lạnh hấp thụ một cấp

2.1.5.1.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc

Dưới tác động của nguồn nhiệt cấp từ bên ngoài, dung dịch $H_2O/LiBr$ trong bình phát sinh G sẽ sôi và bay hơi. Ở điều kiện áp suất như nhau, do nước có nhiệt độ sôi thấp hơn rất nhiều so với muối litibromua nên chỉ có hơi nước bay ra từ bình phát sinh, hơi nước này ở trạng thái hơi quá nhiệt. Tại bình ngưng tụ C, hơi nước quá nhiệt đến từ bình phát sinh sẽ nhả nhiệt cho nước làm mát để trở thành trạng thái lỏng sôi. Nước ở trạng thái lỏng sôi sẽ được đưa qua cơ cấu giảm áp (van giãn nở) để đi vào bình bay hơi E ở trạng thái hơi bão hòa ẩm, tương ứng, áp suất của hơi nước giảm từ P_k trong bình phát sinh và bình ngưng tụ đến P_0 trong bình bay hơi và bình hấp thụ (P_k và P_0 đều nhỏ hơn rất nhiều so với áp suất khí quyển). Tại bình bay hơi, hơi nước ở trạng thái hơi bão hòa ẩm nhận nhiệt lượng từ chất tải lạnh để sôi và bay hơi. Khi ra khỏi bình bay hơi, trạng thái của hơi nước được xem là hơi bão hòa khô và hơi nước được tiếp tục cho đi qua bình hấp thụ A. Tại đây, hơi nước được hấp thụ bởi dung dịch đậm đặc trở về từ bình phát sinh.



Hình 2.2: Máy lạnh hấp thụ một cấp

Do quá trình hấp thụ phát sinh nhiệt lượng cho nên cần phải giải nhiệt cho bình hấp thụ. Từ bình hấp thụ, dung dịch loãng được bơm dung dịch đưa qua bình hồi nhiệt và trở lại bình phát sinh. Tại bình hồi nhiệt, dung dịch loãng sẽ nhận nhiệt lượng từ dung dịch đậm đặc trở về từ bình phát sinh. Điều này giúp

giảm bớt lượng nước làm mát tiêu hao tại bình hấp thụ và lượng nhiệt tiêu hao tại bình phát sinh. Dung dịch đậm đặc (do nước đã hóa hơi và tách ra khỏi dung dịch) từ bình phát sinh sau khi qua bình hồi nhiệt được dẫn qua cơ cấu giảm áp để giảm áp suất từ P_k xuống P_0 trước khi đi vào bình hấp thụ.

2.1.5.1.2 Đặc điểm

Máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ một cấp không nên được cấp nhiệt bằng những nguồn nhiệt có nhiệt thế cao vì máy lạnh loại này không có khả năng khai thác hiệu quả exergy của nguồn nhiệt này, nhiệt độ nguồn nhiệt cấp tốt nhất vào khoảng $100^{\circ}C \div 110^{\circ}C$. Thông thường, nước nóng, hơi nước áp suất thấp hay năng lượng mặt trời được chọn làm nguồn nhiệt cấp cho máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ một cấp.

Giá trị của hệ số COP nằm trong khoảng từ $0,6 \div 0,75$.

Về mặt tên gọi, sở dĩ máy lạnh loại này được gọi là máy lạnh một cấp là vì ứng với mỗi chu trình, chỉ có một lần diễn ra quá trình phát sinh và một lần diễn ra quá trình ngưng tụ tác nhân lạnh.

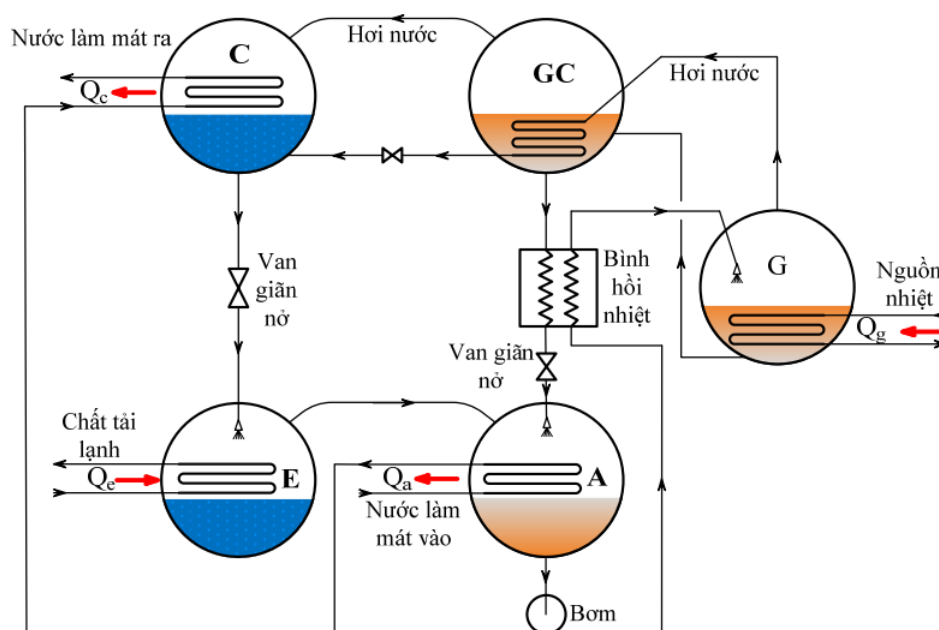
2.1.5.2 Máy lạnh hấp thụ hai cấp

2.1.5.2.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc

Máy lạnh loại này có kết cấu tương tự loại máy lạnh một cấp nhưng có thêm bình phát sinh/ngưng tụ GC. Về cấu tạo, bình GC bao gồm một vỏ bình chứa dung dịch để làm nhiệm vụ phát sinh bổ sung tác nhân lạnh, bên trong có bố trí bộ trao đổi nhiệt để làm ngưng tụ lượng hơi tác nhân lạnh đến từ bình phát sinh G.

Khi cấp nhiệt vào bình phát sinh G, một lượng hơi nước ở trạng thái quá nhiệt sẽ được sinh ra và bay đến bộ trao đổi nhiệt đặt trong bình GC. Do có một lượng hơi nước bay ra, nồng độ dung dịch rời bình phát sinh G để đi vào phần vỏ của bình GC lớn hơn nồng độ dung dịch đi vào bình G từ bình hấp thụ A. Khi đi vào bộ trao đổi nhiệt đặt trong bình GC, lượng hơi nước đến từ bình phát sinh G sẽ nhả nhiệt và ngưng tụ lại. Lượng nhiệt này được sử dụng để làm

nóng dung dịch trong bình GC và có một lượng hơi nước khác bay ra từ bình GC để đến bình ngưng tụ C. Tại bình ngưng tụ C, lượng hơi nước bổ sung phát sinh từ bình GC sẽ nhả nhiệt lượng cho nước làm mát để ngưng tụ lại. Lượng nước ngưng này sẽ hòa trộn với lượng nước ngưng (nói chính xác hơn là hơi bão hòa ẩm có độ khô khá nhỏ) đến từ bình GC để sau đó đi qua cơ cấu giảm áp rồi đi vào bình bay hơi E. Ở bình bay hơi E và bình hấp thụ A, các quá trình diễn ra giống như mô tả đối với trường hợp máy lạnh hấp thụ một cấp.



Hình 2.3: Máy lạnh hấp thụ hai cấp

Dung dịch có nồng độ cao trong bình phát sinh G (do nước hóa hơi và tách khỏi dung dịch) được dẫn vào bình GC. Tại đây, dung dịch tiếp tục nhận nhiệt lượng từ quá trình ngưng tụ của hơi nước bên trong bộ trao đổi nhiệt, vì thế, thêm một lượng hơi nước nữa được sinh ra trong bình GC. Sau khi nước hóa hơi và tách ra, dung dịch còn lại trong bình GC có nồng độ rất cao, dung dịch này được dẫn qua bình hồi nhiệt để truyền nhiệt cho dung dịch loãng đến từ bình hấp thụ. Sau đó, dung dịch đậm đặc này được dẫn qua cơ cấu giảm áp để giảm áp suất trước khi đi vào bình hấp thụ A.

2.1.5.2.2 Đặc điểm

Nồng độ của dung dịch trong bình phát sinh G thấp hơn nồng độ dung dịch trong bình GC và nhiệt độ làm việc trong bình GC thấp hơn nhiệt độ làm việc trong bình phát sinh G, do đó, áp suất làm việc trong bình GC cũng phải thấp hơn áp suất làm việc trong bình G để đảm bảo dung dịch trong bình GC có thể sôi và bay hơi được.

Trong bình GC cùng lúc diễn ra hai quá trình phát sinh và ngưng tụ, nghĩa là có thể có thêm một lượng hơi nước bay ra từ bình GC mà không phải tốn thêm một lượng nhiệt nào từ bên ngoài.

Cách bố trí đường nước làm mát nối tiếp giữa bình hấp thụ A với bình ngưng tụ C tiết kiệm đáng kể lượng nước làm mát. Điều này góp phần làm tăng hiệu quả sử dụng năng lượng của máy lạnh hấp thụ hai cấp.

Về kết cấu, máy lạnh hai cấp phức tạp hơn loại một cấp. Nhưng chính sự khác biệt về kết cấu và nguyên lý làm việc giúp máy lạnh hấp thụ hai cấp có thể khai thác hiệu quả exergy của các nguồn nhiệt có nhiệt thể cao như khí đốt, khí thải từ các nhà máy luyện kim... Hệ số COP của máy lạnh hấp thụ hai cấp có thể đạt từ $1 \div 1,3$.

Về mặt tên gọi, sở dĩ máy lạnh loại này được gọi là máy lạnh hai cấp là vì ứng với mỗi chu trình, có hai quá trình phát sinh và hai quá trình ngưng tụ tác nhân lạnh diễn ra.

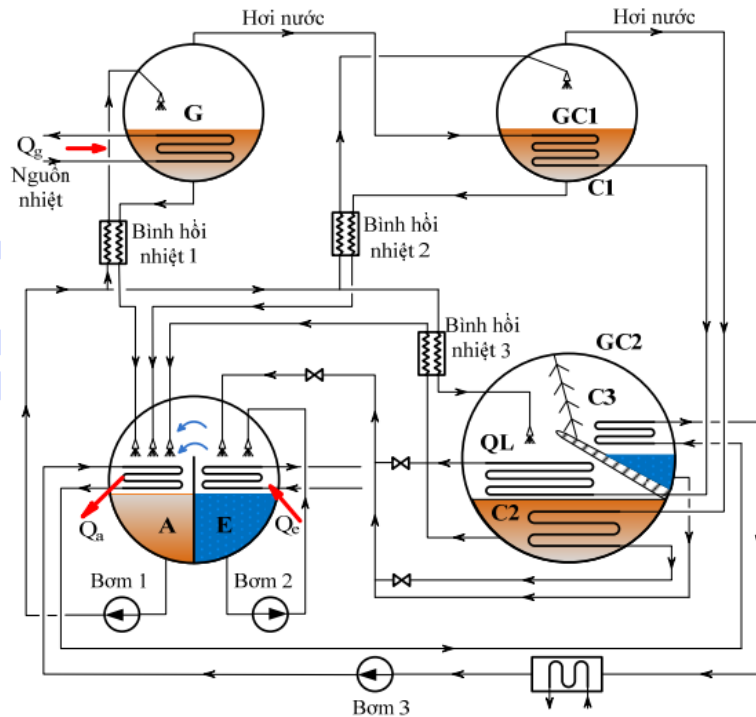
2.1.5.3 Máy lạnh hấp thụ ba cấp

2.1.5.3.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc

Dưới tác động của nguồn nhiệt cấp từ bên ngoài, dung dịch trong bình phát sinh G sôi và một lượng hơi nước được sinh ra. Lượng hơi nước này được đưa đến bình phát sinh/ngưng tụ GC1. Tại bình GC1, ẩn nhiệt ngưng tụ do lượng hơi nước này tỏa ra được dùng để làm sôi dung dịch đang chứa trong bình GC1, do đó, có thêm một lượng hơi nước được sinh ra từ bình GC1. Lượng hơi nước bay ra từ bình GC1 được dẫn đến bình phát sinh/ngưng tụ GC2. Tại bình GC2, lượng hơi nước này được cho qua bộ ngưng tụ C2, nhiệt lượng tỏa ra do sự ngưng tụ của lượng hơi nước này tiếp tục được dùng để làm sôi dung dịch trong

bình phát sinh/ngưng tụ GC2 và từ đó lại có thêm một lượng hơi nước nữa được sinh ra.

Lượng nước ngưng đến từ bộ ngưng tụ C1 đặt trong bình GC1 lại tiếp tục được làm mát khi đi qua bộ quá lạnh QL đặt trong bình GC2, điều này thực hiện được vì nhiệt độ của lượng nước ngưng đó vẫn còn khá cao. Trong trường hợp này, nhiệt lượng tỏa ra cho bộ quá lạnh QL cũng góp một phần vào việc làm phát sinh hơi nước trong bình GC2. Lượng hơi nước bay ra từ bình GC2 (do nhận nhiệt lượng từ bộ ngưng tụ C2 và từ bộ quá lạnh QL) được cho qua bộ ngưng tụ C3 (lắp ở đầu ra của bình GC2) để thực hiện quá trình ngưng tụ. Ở bộ ngưng tụ C3, tác nhân giải nhiệt là lượng nước làm mát sau khi đi qua bình hấp thụ A, đây là cách giải nhiệt theo kiểu nối tiếp. Tất cả nước ngưng thu hồi được từ các bình GC1 và GC2 đều được gom chung lại đưa vào bình bay hơi E để nhận nhiệt lượng từ chất tải lạnh.



Hình 2.4: Máy lạnh hấp thụ ba cấp

Dung dịch có nồng độ cao đi ra từ các bình G, GC1, GC2 đều được đưa trở về bình hấp thụ A để hấp thụ hơi nước đến từ bình bay hơi E. Dung dịch loãng đi

ra từ bình hấp thụ A được bơm dung dịch phân phối đến các bình G, GC1, GC2 để tiếp tục thực hiện chu trình.

2.1.5.3.2 Đặc điểm

Ở các bình GC1 và GC2, hầu như tất cả nhiệt lượng tỏa ra từ quá trình ngưng tụ và quá lạnh tác nhân lạnh đều được tận dụng để làm sôi dung dịch và phát sinh hơi nước, chỉ có một ít lượng nhiệt được thải ra ngoài môi trường thông qua nước làm mát, đó là lượng nhiệt tỏa ra tại bình ngưng tụ C3. Chính nhờ điều này mà hệ số COP của máy lạnh được nâng lên khá cao.

Về mặt tên gọi, sở dĩ máy lạnh loại này được gọi là máy lạnh hấp thụ ba cấp là vì ứng với mỗi chu trình, có ba quá trình phát sinh và ba quá trình ngưng tụ tác nhân lạnh diễn ra.

Xét về khả năng tận dụng exergy của nguồn nhiệt có nhiệt thế cao, máy lạnh hấp thụ ba cấp hơn hẳn so với máy lạnh hấp thụ một cấp và hai cấp nên nó có hệ số COP cao nhất.

Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy, hệ số COP của máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ ba cấp có thể đạt từ $1,3 \div 1,7$. Nhưng để đạt được điều này, cần thực hiện các biện pháp kỹ thuật để gia tăng giá trị COP, chính việc này làm tăng tính phức tạp về kết cấu của máy lạnh hấp thụ loại này. Bên cạnh đó, do có nhiệt độ làm việc cao nên vật liệu chế tạo máy lạnh phải tốt để tránh bị ăn mòn bởi dung dịch. Vì những lý do này, máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ ba cấp cho đến nay vẫn chưa được sử dụng phổ biến trong thực tế.

2.1.5.4 Các loại máy lạnh khác

Ngoài ba loại máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ đã nêu còn những loại máy lạnh hấp thụ khác như: máy lạnh hấp thụ loại “*nửa hiệu lực*” (Half Effect), loại “*tái hấp thụ*” (Resorption)...Các loại máy lạnh này vẫn còn đang được nghiên cứu phát triển, chưa được ứng dụng phổ biến trong thực tế.

2.1.6 Nguồn nhiệt dùng cho máy lạnh hấp thụ

Nguồn nhiệt sử dụng cho máy lạnh hấp thụ rất đa dạng như nhiệt lượng sinh ra từ quá trình đốt cháy nhiên liệu sử dụng trực tiếp cho máy lạnh hấp thụ, năng lượng mặt trời và các nguồn nhiệt thải. Như đã nói, tương ứng với mỗi loại máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ có một loại nguồn nhiệt phù hợp cho nó. Trong các loại nguồn nhiệt trên, chúng ta đặc biệt chú ý đến nguồn nhiệt thải và năng lượng mặt trời. Nhiệt thải là phần nhiệt lượng không được chuyển hóa thành công hay một dạng năng lượng có ích khác mà được thải ra môi trường như: khí xả từ các động cơ đốt trong hay tuabin khí, khí thải từ các lò luyện kim, hơi nước ra khỏi các tuabin hơi... Với sự tiến bộ trong kỹ thuật và công nghệ hiện tại, lượng nhiệt lượng thải bỏ này ngày càng được hạn chế. Nhưng mỗi ngày, vẫn có một lượng rất lớn nhiệt lượng được thải một cách lãng phí vào môi trường trong hoạt động sản xuất của con người. Đối với nguồn năng lượng mặt trời chúng ta có thể sử dụng mà không tốn một chi phí nào đồng thời không gây nhiễm môi trường. Đây là mục đích mà nhiều nhà khoa học, nhà nghiên cứu hướng tới.

Mặt trời là quả cầu lửa khổng lồ với đường kính trung bình là 1,36 triệu km và ở cách trái đất 150 triệu km. Theo các số liệu hiện có, nhiệt độ bề mặt của mặt trời vào khoảng 6000K, trong khi đó nhiệt độ ở vùng trung tâm của mặt trời rất lớn, vào khoảng $8 \cdot 10^6$ K đến $40 \cdot 10^6$ K. Mặt trời được xem là lò phản ứng nhiệt hạch hoạt động liên tục. Do luôn luôn bức xạ năng lượng và vũ trụ cho nên khối lượng của mặt trời sẽ giảm dần. Điều này dẫn đến kết quả là: về mặt lý luận, đến một ngày nào đó mặt trời sẽ thôi không tồn tại nữa. Tuy nhiên do khối lượng của mặt trời vô cùng lớn, vào khoảng $1,991 \cdot 10^{30}$ kg, cho nên thời gian để mặt trời tồn tại vô cùng lớn. Bên cạnh sự biến đổi nhiệt độ rất đáng kể theo hướng kính, một điểm đặc biệt khác của mặt trời là sự phân bố khối lượng rất không đồng đều. Ví dụ: khối lượng riêng ở vị trí gần tâm mặt trời vào khoảng $100\text{g}/\text{cm}^3$ trong khi đó khối lượng riêng trung bình của mặt trời chỉ khoảng $1,41\text{g}/\text{cm}^3$

Gọi R là bán kính của mặt trời, khi đi từ tâm của mặt trời trở ra ta có các số liệu sau:

- ✓ Có khoảng 90% tổng lượng năng lượng mặt trời phát xuất trong vùng từ tâm

đến vùng có bán kính $0,23R$ mặc dù khối lượng và thể tích của vùng này chỉ chiếm tương ứng khoảng 40% và 15% so với khối lượng và thể tích toàn bộ. Áp suất ở vùng trung tâm khoảng 10^9 atm.

✓ Nhiệt độ và khối lượng riêng của mặt trời ở vùng có bán kính $0,7R$ là $130.000K$ và $0,07g/cm^3$ năng lượng phát xuất từ vùng gần tâm truyền đến vùng này dưới dạng tia X và tia γ . Người ta gọi vùng có bán kính từ $0,23R$ đến $0,7R$ là lớp vỏ phóng xạ.

✓ Trong vùng có bán kính từ $0,7R$ đến R sẽ bắt đầu diễn ra quá trình đối lưu, người ta gọi vùng này là vùng đối lưu. Do hiện tượng đối lưu, nếu quan sát mặt trời từ trái đất, có thể ta sẽ thấy trong mặt trời có một số vết đen. Chính hiện tượng này nên người ta gọi vùng đối lưu là lớp vỏ đối lưu có vết đen. Ở vị trí có bán kính R , nhiệt độ mặt trời chỉ còn khoảng $6000K$ với khối lượng riêng là $10^{-8} g/cm^3$.

✓ Phía trên vùng đối lưu là vùng quyển sáng, đây là vùng chứa các chất khí bị ion hóa, là vùng phát ra năng lượng và các tia sáng. Đặc điểm của vùng này là mờ đục không trong suốt. Kế tiếp với vùng quyển sáng là lớp đảo chiều chứa các chất khí với nhiệt độ nhỏ hơn bề dày khoảng vài trăm km.

✓ Nối tiếp với lớp đảo chiều là vùng quyển sắc, bề dày của vùng này từ khoảng $10000km$ đến $12000km$, các chất khí chứa trong vùng này có tính trong suốt và mật độ các chất khí trở nên khá loãng. Nhiệt độ trung bình của vùng quyển sắc ở cận ranh giới với lớp đảo chiều khoảng $45000K$ đến $5000K$, trong khi đó - ở ranh giới còn lại của vùng quyển sắc - nhiệt độ có thể tăng đến $10^6 K$ do có sự biến đổi đột biến của các tia bức xạ

✓ Phía ngoài cùng của vùng quyển sắc là quần g sáng có màu trắng chói. Vùng này chứa các chất bị ion hóa ở mật độ cực kì loãng. Nhiệt độ của cùng này vào khoảng $10^6 K$.

✓ Các kết quả nghiên cứu cho thấy, khoảng cách từ mặt trời đến trái đất không hoàn toàn ổn định mà dao động trong khoảng $\pm 1.7\%$ xoay quanh giá trị trung bình đã trình bày ở trên. Trong kỹ thuật năng lượng mặt trời, người ta rất chú ý

đến khái niệm hằng số mặt trời. Về mặt định nghĩa hằng số được hiểu là lượng bức xạ mặt trời nhận được trên một bề mặt có diện tích 1m^2 đặt bên ngoài bầu khí quyển và thẳng góc với tia tới, tùy theo nguồn tài liệu mà hằng số mặt trời sẽ có một giá trị cụ thể nào đó, các giá trị này có thể khác nhau, tuy nhiên sự sai khác không nhiều. Thường người ta lấy giá trị của hằng số mặt trời là 1353W/m^2

2.1.7 Lựa chọn máy lạnh hấp thụ phù hợp cho căn hộ

❖ Lựa chọn máy lạnh hấp thụ một cấp là tối ưu:

Máy lạnh hấp thụ ba cấp chỉ hoạt động hiệu quả với nguồn nhiệt loại nhiệt thể cao nên không phù hợp áp dụng cho căn hộ sử dụng năng lượng mặt trời. Vậy, sự lựa chọn loại máy lạnh phù hợp cho căn hộ được giới hạn lại ở hai loại, một cấp và hai cấp.

Các cơ sở để lựa chọn bao gồm:

- *Hệ số COP*: hệ số COP là một trong những chỉ tiêu dùng để đánh giá hiệu quả làm việc của máy lạnh. Về nguyên tắc, hệ số COP của máy lạnh càng cao càng tốt. Đối với máy lạnh hấp thụ, giá trị của hệ số COP phụ thuộc vào từng loại. Máy lạnh hấp thụ loại một cấp có hệ số COP nằm trong khoảng từ $0,6 \div 0,75$, loại hai cấp có hệ số COP nằm trong khoảng từ $1 \div 1,3$. Tuy nhiên, hệ số COP phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ nguồn nhiệt hoạt động.
- *Công suất*: máy lạnh hấp thụ một cấp có thể đạt được công suất tối đa là 1635 kW , máy lạnh hấp thụ hai cấp có công suất tối đa lên đến 5275 kW . Công suất của máy lạnh hấp thụ một cấp có thể thỏa mãn nhu cầu của căn hộ cao cấp.
- *Chi phí đầu tư ban đầu*: máy lạnh hấp thụ có càng nhiều cấp thì có kết cấu càng phức tạp, đòi hỏi vật liệu chế tạo phải càng tốt nên chi phí đầu tư ban đầu và chi phí bảo trì, bảo dưỡng càng lớn.
- *Phương thức sử dụng nguồn năng lượng mặt trời*: Sử dụng trực tiếp nguồn năng lượng từ mặt trời. Máy lạnh hấp thụ một cấp làm việc hiệu quả với hơi nước có áp suất từ $70\text{ kPa} \div 140\text{ kPa}$ hay nước nóng có nhiệt độ từ $77^\circ\text{C} \div 130^\circ\text{C}$, máy lạnh hấp thụ hai cấp hoạt động hiệu quả với hơi nước có áp suất từ $410\text{ kPa} \div 960\text{ kPa}$ hay nước nóng có nhiệt độ từ $150^\circ\text{C} \div 190^\circ\text{C}$.

Do đó, máy lạnh hấp thụ một cấp với phương thức sử dụng nhiệt trực tiếp từ mặt trời là lựa chọn tốt nhất cho căn hộ.

❖ **Lựa chọn máy lạnh hấp thụ dùng dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ là tối ưu.**

- Có nhiều loại công chất đã được nghiên cứu và sử dụng trong các máy lạnh hấp thụ như các dung dịch: $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiCl}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiClO}_3$... Trong đó, $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ là hai loại dung dịch được sử dụng phổ biến nhất hiện nay
- Ưu điểm chung của các dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ là không gặp các vấn đề về môi trường như phá hủy tầng ozone, làm gia tăng nhiệt độ của bầu khí quyển.
- Tuy nhiên dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ có mùi khai, dễ bay hơi ra môi trường xung quanh, trường hợp hít nhiều có thể gây ngộ độc cấp. Còn LiBr là loại muối kết tinh màu trắng, có vị đắng, độ pH trung tính, không cháy có tính chất hóa học tương tự như muối ăn, khá ổn định ở điều kiện bình thường, không biến chất, không phân giải trong không khí. Nhiệt độ nóng chảy của muối LiBr khan là 549°C , nhiệt độ sôi là 1265°C . Muối LiBr có tính hút nước rất mạnh, dễ dàng kết hợp với nước để tạo thành dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$. Khối lượng mol là 86.84

2.2 Tính toán thiết kế máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ một cấp

2.2.1 Lựa chọn mô hình máy lạnh cho căn hộ cao cấp.

Do độ chân không bên trong máy lạnh hấp thụ rất cao nên cần thiết phải hạn chế khả năng xâm nhập của không khí vào bên trong. Đồng thời, cũng cần phải tránh sự sụt giảm áp suất của hơi tác nhân lạnh do ma sát khi chúng di chuyển, đặc biệt là từ bình phát sinh đến bình ngưng tụ. Vì hai lý do này, trong thiết kế, số lượng các bích nối, van, các mối liên kết và số lượng các ống nối trong máy lạnh hấp thụ luôn được giảm đến mức tối thiểu.

Một vấn đề khác cũng cần chú ý là khả năng kết tinh của dung dịch $\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$. Đối với dung dịch $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ có thể hòa trộn NH_3 và H_2O ở bất kỳ tỷ lệ nào nhưng cần thận trọng hơn với $\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$, tùy theo nhiệt độ và nồng độ có lúc

tạo nên hỗn hợp đồng thể có lúc dị thể.

Bên cạnh hai vấn đề cơ bản đã nêu ở trên, cần phải chú ý đến khả năng ăn mòn của dung dịch $H_2O-LiBr$ đối với một số vật liệu thường được dùng để chế tạo máy lạnh hấp thụ, đặc biệt khi nhiệt độ làm việc vượt quá $170^{\circ}C$. Ngoài ra với mục đích làm tăng khả năng trao đổi nhiệt và trao đổi chất, hầu hết các nhà sản xuất đều trộn thêm các chất phụ gia vào trong dung dịch $H_2O-LiBr$.

Nhằm tăng cường sự lưu thông của tác nhân lạnh và dung dịch, nâng cao hiệu quả trao đổi nhiệt, máy lạnh hấp thụ cần được trang bị một bơm li tâm loại ba tầng cánh hoạt động song song mà mỗi tầng cánh làm việc với một loại công chất. Bơm có kết cấu kín hoàn toàn và được làm mát bằng tác nhân lạnh lỏng (nước) từ bình bay hơi.

Về kết cấu, bình phát sinh là các Collector được kết nối thành 1 hệ thống, bình ngưng tụ, bình bay hơi, bình hấp thụ đều là thiết bị trao đổi nhiệt dạng chùm ống thẳng (ống thép trơn). Kết cấu này đơn giản, chắc chắn và tạo sự thuận lợi trong việc lắp đặt, bảo dưỡng:

- *Bình phát sinh*: Là các đường ống Collector được kết nối thành 1 hệ thống nhận nhiệt lượng từ mặt trời làm bốc hơi nước trong dung dịch $H_2O/LiBr$.

Collector mặt trời là loại thiết bị thu nhận năng lượng mặt trời, trong trường hợp này được dùng để cấp nhiệt cho máy lạnh hấp thụ năng lượng mặt trời. Nói chung trong thực tế có nhiều loại collector mặt trời tuy nhiên, có thể xem các collector dạng tấm phẳng (Flat Plate Solar collector) và collector dạng tập trung là 2 loại điển hình. Về nguyên tắc, nếu bề mặt thu nhận năng lượng mặt trời của các collector có thể di chuyển cùng với sự di chuyển của mặt trời thì khả năng thu nhận năng lượng mặt trời của các collector sẽ tốt hơn. Tuy nhiên do đây là vấn đề kinh tế - cho nên không phải ở bất kỳ loại collector người ta cũng áp dụng phương án này. Thông thường collector dạng tấm phẳng được bố trí theo kiểu cố định. Trong khi đó collector dạng tập trung được cho quay theo sự chuyển động mặt trời. Trong số các biến thể collector dạng tấm phẳng, người ta đặc biệt chú ý đến dạng collector đã được rút chân không. Các nghiên cứu ứng dụng trong

những năm gần đây cho thấy, trong tương lai, khi đã giải quyết tốt các vấn đề bất lợi về giá thành, chính đây sẽ là loại collector được phổ biến để cấp nhiệt cho các máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời dùng trong điều hòa không khí.

Collector dạng ống đã rút chân không: Đây là một biến thể của collector dạng tấm phẳng. Như đã trình bày ở trên, giá thành của collector dạng ống đã rút chân không khá đắt, tuy nhiên hiệu quả của collector loại này rất cao, cao hơn rất nhiều loại collector loại tấm phẳng thông thường khác. Đặc biệt có thể dùng collector dạng ống đã rút chân không ở những vùng ít nắng hoặc có nhiệt độ ngoài trời khá thấp. Có thể nói hiệu quả của collector hầu như không phụ thuộc vào nhiệt độ cũng như tốc độ gió ở môi trường xung quanh. Trong những năm gần đây, các nhà nghiên cứu có xu hướng sử dụng các loại collector này để cấp nhiệt cho các loại máy lạnh hấp thụ dùng trong điều hòa không khí. Tất cả đều cấu tạo từ nhiều ống chân không ghép song song đặt trên cùng một tấm phẳng nằm nghiêng, góc nghiêng của tấm phẳng về cơ bản phụ thuộc và nơi lắp đặt. Do tiết diện của mỗi ống đều có dạng tròn nên khả năng nhận bức xạ mặt trời của collector loại này tốt hơn rất nhiều so với collector dạng tấm phẳng thông thường khác, điều này có nghĩa là – vào bất cứ lúc nào – các tia bức xạ mặt trời cũng có thể đến thẳng góc với bề mặt bên ngoài của các ống. Để tăng cường khả năng trao đổi nhiệt giữa ống chân không và ống nhiệt và tạo cơ cấu đỡ ống nhiệt, người ta bố trí giữa ống chân không và ống nhiệt một dạng cánh nhôm, tùy vào loại ứng dụng mà người ta sẽ chọn áp xuất và chất làm việc thích hợp bên trong ống nhiệt. Nói chung, khả năng dẫn nhiệt của ống nhiệt lớn hơn khoảng vài ngàn lần đến vài chục ngàn lần so với khả năng dẫn nhiệt của bạc. Dù kết cấu thuộc loại nào, một trong những lo ngại cơ bản của collector dạng ống đã rút chân không là không còn khả năng, không còn duy trì ở độ chân không như giá trị quy định lúc ban đầu. Để giải quyết phần nào mối lo ngại này, người ta thường bố trí ở đáy ống chân không một lớp *Barium*, lớp *Barium* này có khả năng hấp thụ các chất khí phát sinh trong quá trình vận hành như CO, CO₂, N₂, O₂, H₂O và H₂. Ngoài ra, lớp *Barium* này còn được xem như dụng cụ chỉ thị độ chân không trong ống,

khi lớp này chuyển sang màu đục thì ta hiểu độ chân không trong ống đã bị biến đổi.

- *Bình ngưng tụ*: Nước làm mát được bố trí chảy bên trong chùm ống để nhận nhiệt lượng của hơi nước bên ngoài sau đó sẽ sử dụng cho sinh hoạt (nước ấm). Hơi nước ngưng tụ thành dạng lỏng và rơi xuống khay chứa phía dưới. Nước ngưng tụ này sau đó được tiếp tục giải nhiệt tự nhiên bằng không khí bởi môi trường xung quanh trước khi vào bình chứa. Khi cần sử dụng hệ thống van tự động mở cho nước đi qua cơ cấu tiết lưu, giảm áp suất và xối lên chùm ống của bình bay hơi.

- *Bình bay hơi*: Chất tải lạnh (nước) được bố trí chảy bên trong chùm ống và nhả nhiệt cho nước (tác nhân lạnh) bên ngoài. Nước bên ngoài chùm ống nhận nhiệt lượng, hóa hơi và di chuyển xuống bình hấp thụ. Lượng nước đi qua chùm ống mà không kịp hóa hơi sẽ rơi xuống khay chứa phía dưới, thông qua bơm, được xối trở lại chùm ống.

- *Bình hấp thụ*: Nước làm mát được bố trí chảy trong chùm ống và nhận nhiệt lượng từ dung dịch $H_2O/LiBr$ bên ngoài. Chùm ống không được nhúng ngập trong dung dịch, thay vào đó, dung dịch từ khay chứa phía dưới được bơm hút và xối lên chùm ống đồng thời hấp thụ hơi nước đến từ bình bay hơi.

- *Bình hồi nhiệt*: Là thiết bị được bố trí riêng biệt với bốn thiết bị còn lại. Về kết cấu, bình hồi nhiệt có thể là kiểu ống vỏ nằm ngang hay kiểu ống lồng ngược dòng. Do có độ nhớt cao hơn, dung dịch đậm đặc đến từ bình phát sinh được bố trí chảy bên ngoài chùm ống. Dung dịch loãng chảy bên trong chùm ống và nhận nhiệt lượng từ dung dịch đậm đặc bên ngoài. Bình hồi nhiệt giúp giảm lượng nhiệt cấp vào bình phát sinh và lượng nước làm mát cấp vào bình hấp thụ nên làm giảm chi phí cho năng lượng vận hành.

- Như đã trình bày, phương thức cấp nhiệt tối ưu cho máy lạnh hấp thụ là phương thức cấp nhiệt gián tiếp với nước nóng là chất trung chuyển nhiệt lượng.

- *Dàn lạnh*: dùng cho hệ thống làm lạnh không khí bằng nước hay còn gọi là FCU (Fan - Coil - Unit). Cấu tạo gồm dàn trao đổi nhiệt nước - không khí, ống

đồng cánh nhôm (hoặc ống sắt cánh nhôm), quạt ly tâm tuần hoàn gió, máng hứng nước ngưng, vỏ bao che và lọc bụi.

2.2.2 Tính toán các thông số trạng thái cơ bản của dung dịch H₂O/LiBr

2.2.2.1 Nồng độ của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ (*c*) của dung dịch H₂O/LiBr được định nghĩa là tỷ số giữa khối lượng muối litibromua khan có trong dung dịch và khối lượng của dung dịch.

$$c = \frac{m_{\text{LiBr}}}{m_{\text{LiBr}} + m_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (\%) \quad (2.01)$$

Trong đó, m_{LiBr} và $m_{\text{H}_2\text{O}}$ là khối lượng của muối litibromua và khối lượng của nước trong dung dịch.

2.2.2.2 Các công thức xác định các thông số trạng thái của dung dịch

2.2.2.2.1 Entanpi của dung dịch

Entanpi *i* (kJ/kg) của dung dịch H₂O/LiBr khi đã biết nồng độ *c* (%) và nhiệt độ *t* (°C) được tính bằng công thức sau:

$$i = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \cdot c^{(i-1)} \cdot t^{(j-1)} \quad (2.02)$$

Giá trị các hệ số a_{ij} trong công thức trên như sau:

Bảng 2.1: Bảng các giá trị của hệ số a_{ij}

<i>i</i>	<i>j</i>	a_{ij}	<i>i</i>	<i>j</i>	a_{ij}
1	1	1,134125	4	2	$-9,500522 \cdot 10^{-5}$
2	1	$-4,80045 \cdot 10^{-1}$	5	2	$1,708026 \cdot 10^{-6}$
3	1	$-2,161438 \cdot 10^{-3}$	6	2	$-1,102363 \cdot 10^{-8}$

4	1	$2,336235.10^{-4}$	1	3	$5,743693.10^{-4}$
5	1	$-1,188679.10^{-5}$	2	3	$5,870921.10^{-5}$
6	1	$2,291532.10^{-7}$	3	3	$-7,375319.10^{-6}$
1	2	$4,124891$	4	3	$3,277592.10^{-7}$
2	2	$-7,643903.10^{-2}$	5	3	$-6,062304.10^{-9}$
3	2	$2,589577.10^{-3}$	6	3	$3,901897.10^{-11}$

2.2.2.2.2 Khối lượng riêng của dung dịch

Khối lượng riêng ρ (kg/m^3) của dung dịch $\text{H}_2\text{O/LiBr}$ có thể được tính theo nhiệt độ t ($^{\circ}\text{C}$) và nồng độ c (%) như sau:

$$\rho = 1000. \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \cdot c^{(i-1)} \cdot t^{(j-1)} \quad (2.03)$$

Giá trị các hệ số a_{ij} trong công thức trên như sau:

Bảng 2.2: Bảng các giá trị của hệ số a_{ij}

i	j	a_{ij}	i	j	a_{ij}
1	1	$9,939006.10^{-1}$	4	2	$2,882292.10^{-8}$
2	1	$1,046888.10^{-2}$	5	2	$-2,523579.10^{-10}$
3	1	$-1,667939.10^{-4}$	1	3	$1,392527.10^{-6}$
4	1	$5,332835.10^{-6}$	2	3	$-2,801009.10^{-7}$
5	1	$-3,440005.10^{-8}$	3	3	$1,734979.10^{-8}$
1	2	$-5,631094.10^{-4}$	4	3	$-4,232988.10^{-10}$
2	2	$1,633541.10^{-5}$	5	3	$3,503024.10^{-12}$
3	2	$-1,110273.10^{-6}$			

2.2.2.2.3 Nhiệt độ bão hòa của tác nhân lạnh

Khi đã biết áp suất p (MPa), nhiệt độ bão hòa T (°K) của tác nhân lạnh được xác định như sau:

- Khi $p < 12,33$ MPa:

$$T = 42,6776 - \frac{3892,7}{\ln(p) - 9,48654} \quad (2.04a)$$

- Khi $p > 12,33$ MPa:

$$T = -387,592 - \frac{12587,5}{\ln(p) - 15,2578} \quad (2.04b)$$

2.2.2.2.4 Entanpi của tác nhân lạnh

Entanpi của tác nhân lạnh ở trạng thái lỏng sôi i' (kJ/kg) và ở trạng thái bão hòa khô i'' (kJ/kg) ứng với nhiệt độ T (°K) được tính như sau:

$$i' = 2099,3 \cdot \left(a_1 + \sum_{i=2}^8 a_i \cdot T_R^{(i-1)} \right) \quad (2.05a)$$

$$i'' = 2099,3 \cdot \left(1 + b_1 \cdot T_R^{1/3} + b_2 \cdot T_R^{5/6} + b_3 \cdot T_R^{7/8} + \sum_{i=4}^8 b_i \cdot T_R^{(i-3)} \right) \quad (2.05b)$$

Trong các công thức trên, T_R là thông số trung gian được xác định bằng công thức:

$$T_R = \frac{647,3 - T}{647,3} \quad (2.05c)$$

Giá trị của các hệ số a_i và b_i như sau:

Bảng 2.3: Bảng giá trị của các hệ số a_i và b_i

i	a_i	b_i	i	a_i	b_i
1	$8,839230108 \cdot 10^{-1}$	$4,57874342 \cdot 10^{-1}$	5	-1,91322436	2,69411792
2	-2,67172935	5,08441288	6	68,7937653	-7,39064542
3	6,22640035	-1,48513244	7	$-1,24819906 \cdot 10^2$	10,4961689
4	-13,1789573	-4,81351884	8	72,1435404	-5,46840036

2.2.2.2.5 Áp suất bão hòa của tác nhân lạnh

Gọi p là áp suất bão hòa của nước và hơi nước ứng với nhiệt độ t ($^{\circ}\text{C}$).

Trong trường hợp $t < 100^{\circ}\text{C}$ thì ta có thể tính p như sau:

$$\log p = 28,59051 - 8,2 \cdot \text{Log}(t + 273,15) + 0,0024804 \cdot (t + 273,15) - \frac{3142,31}{(t + 273,15)} \quad (2.06a)$$

Khi t có giá trị nhỏ (rất gần nhiệt độ đông đặc của nước), ta có thể tính p như sau:

$$\log p = 10,5380997 - \frac{2663,91}{273,15 + t} \quad (2.06b)$$

Trong công thức (2.06a), áp suất p có đơn vị là bar; trong công thức (2.06b), áp suất p có đơn vị là mbar. Nếu áp suất p có đơn vị là mbar thì công thức (2.06a) và (2.06b) vẫn đúng.

2.2.2.2.6 Nhiệt độ bão hòa của tác nhân lạnh cân bằng với dung dịch lỏng sôi.

Xét dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ đang sôi có nồng độ c (%), nhiệt độ t ($^{\circ}\text{F}$) và áp suất p . Ở trạng thái này, có thể xác định nhiệt độ bão hòa t_d ($^{\circ}\text{F}$) của tác nhân lạnh ứng với áp suất p bằng công thức sau:

$$t_d = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \cdot c^{(i-1)} \cdot t^{(j-1)} \quad (2.07)$$

Giá trị các hệ số a_{ij} trong công thức trên như sau:

Bảng 2.4: Bảng các giá trị các hệ số a_{ij}

I	J	a_{ij}	i	j	a_{ij}
1	1	$-1,313448 \cdot 10^{-1}$	4	2	$5,913618 \cdot 10^{-6}$
2	1	$1,820914 \cdot 10^{-1}$	5	2	$-7,308556 \cdot 10^{-8}$
3	1	$-5,177356 \cdot 10^{-2}$	6	2	$2,788472 \cdot 10^{-10}$
4	1	$2,827426 \cdot 10^{-3}$	1	3	$1,978788 \cdot 10^{-5}$

5	1	$-6,380541.10^{-5}$	2	3	$-1,779481.10^{-5}$
6	1	$4,340498.10^{-7}$	3	3	$2,002427.10^{-6}$
1	2	$9,967944.10^{-1}$	4	3	$-7,667546.10^{-8}$
2	2	$1,778069.10^{-3}$	5	3	$1,201525.10^{-9}$
3	2	$-2,215597.10^{-4}$	6	3	$-6,64171.10^{-12}$

2.2.2.2.7 Nhiệt độ sôi của dung dịch

Khảo sát dung dịch $H_2O/LiBr$ ở áp suất p (psia) và nồng độ c (%). Nhiệt độ sôi t ($^{\circ}F$) của dung dịch có thể xác định như sau:

$$t = A \cdot \left(\frac{-2 \cdot E}{D + [D^2 - 4 \cdot (F - N) \cdot E]^{0.5}} - 459,72 \right) + B \quad (2.08)$$

Trong đó:

$$A = -2,0075 + 0,16976 \cdot c - 3,133362 \cdot 10^{-3} \cdot c^2 + 1,97668 \cdot 10^{-5} \cdot c^3$$

$$B = 321,128 - 19,322 \cdot c + 0,374382 \cdot c^2 - 2,0637 \cdot 10^3 \cdot c^3$$

$$C = -2886,373; E = -337269,46; F = 6,21147; N = \log(p)$$

2.2.2.2.8 Áp suất bão hòa của dung dịch

Gọi p (psia) là áp suất bão hòa của dung dịch $H_2O/LiBr$ ở nhiệt độ t ($^{\circ}F$) và nồng độ c (%). Khi biết t và c , có thể xác định giá trị tương ứng của p bằng công thức:

$$\log p = F + \frac{D}{T_R + 459,72} + \frac{E}{(T_R + 459,72)^2} \quad (2.09a)$$

Với T_R là giá trị nhiệt độ trung gian và được xác định như sau:

$$T_R = \frac{t - B}{A} \quad (2.49b)$$

Trong đó, A , B , D , E và F được xác định giống như ở công thức (2.08).

2.2.2.2.9 Nồng độ của dung dịch

Khảo sát dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ ở áp suất p và nồng độ c (%). Gọi t ($^{\circ}\text{C}$) là nhiệt độ sôi của dung dịch và t' ($^{\circ}\text{C}$) là nhiệt độ bão hòa của hơi nước ứng với áp suất p . Hơi nước bay ra từ dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ đang sôi có trạng thái quá nhiệt và ở cùng nhiệt độ t với dung dịch. Gọi t_{sv} là độ quá nhiệt của hơi nước, nghĩa là $t_{sv} = t - t'$.

Nồng độ của dung dịch được xác định như sau:

$$c = 38,3893 + a_1 \cdot t_{sv} + a_2 \cdot t_{sv}^2 + a_3 \cdot t' + a_4 \cdot (t')^2 + a_5 \cdot t_{sv} \cdot t' + a_6 \cdot t_{sv}^2 \cdot t' + a_7 \cdot t_{sv} \cdot (t')^2 + a_8 \cdot (t_{sv} \cdot t')^2 \quad (2.10)$$

Giá trị các hệ số a_i trong công thức trên như sau:

Bảng 2.5: Bảng các giá trị của hệ số

a_1	0,5362	a_5	$4,7942 \cdot 10^{-3}$
a_2	$2,103 \cdot 10^{-4}$	a_6	$-7,4752 \cdot 10^{-5}$
a_3	-0,1335	a_7	$-4,5258 \cdot 10^{-5}$
a_4	$7,7844 \cdot 10^{-4}$	a_8	$6,1135 \cdot 10^{-7}$

2.2.2.2.10 Nhiệt dung riêng của dung dịch

Khảo sát dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ ở nồng độ c (%) và nhiệt độ t ($^{\circ}\text{C}$), nhiệt dung riêng khối lượng đẳng áp của dung dịch c_p (kJ/kg.độ) được xác định như sau:

$$c_p = 3,6371 - 0,029 \cdot c + 1,4285714 \cdot 10^{-5} \cdot (65 \cdot t + 30 \cdot c - c \cdot t) \quad (2.11)$$

2.2.2.2.11 Hệ số dẫn nhiệt của dung dịch

Khảo sát dung dịch H₂O/LiBr ở nồng độ c (%) và nhiệt độ T (°K), hệ số dẫn nhiệt của dung dịch λ (W/m.độ) được xác định như sau:

-Trường hợp $T \leq 353$ (°K):

$$\lambda = -3,5552933 + 3,407759 \cdot 10^{-2} \cdot T - 9,381419 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 8,834924 \cdot 10^{-8} \cdot T^3 - A(c) \quad (2.12a)$$

-Trường hợp $T > 353$ (°K):

$$\lambda = -8,8574733 + 6,973969 \cdot 10^{-6} \cdot T - 1,694229 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 + 13,689024 \cdot 10^{-8} \cdot T^3 - A(c) \quad (2.12a)$$

Trong đó $A(c)$ là hệ số thể hiện mối liên quan tăng nhiệt của dung dịch và tác nhân lạnh, được xác định như sau:

$$A(c) = 0,4923607 \cdot c - 0,422476 \cdot 10^{-2} \cdot T \cdot c + 5,658527 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \cdot c - 0,1522615 c^2 - 1,730562 \cdot 10^{-4} \cdot T \cdot c^2 + 1,895136 \cdot c^3 \quad (2.12c)$$

2.2.2.2.12 Độ nhớt động lực học của dung dịch

Khảo sát dung dịch H₂O/LiBr ở nồng độ c (%) và nhiệt độ t (°C), độ nhớt động lực học của dung dịch μ (N.s/m²) được xác định như sau:

-Trường hợp $t \leq 70$ (°C):

$$\mu = \left(1,8793 - 0,025765 \cdot c - 0,035 \cdot t + 0,0004 \cdot c \cdot t + \frac{-169,263 + 6,989 \cdot c}{t + 223,95 - 363 \cdot c} \right) \cdot 10^{-3} \quad (2.13a)$$

-Trường hợp $t > 70$ (°C)

$$\mu = \left(-0,5707 + 0,0092535 \cdot c + \frac{-169,263 + 6,989 \cdot c}{t + 223,95 - 363 \cdot c} \right) \cdot 10^{-3} \quad (2.13b)$$

2.2.2.2.13 Sức căng bề mặt của dung dịch

Khảo sát dung dịch H₂O/LiBr ở nồng độ c (%) và nhiệt độ T (°K), sức căng bề mặt của dung dịch σ (N/m) được xác định như sau:

$$\sigma = D_1 + D_2 \cdot T + D_3 \cdot T^2 + D_4 \cdot T^3 + D_5 \cdot c + D_6 \cdot T \cdot c + D_7 \cdot T^2 \cdot c + D_8 \cdot c^2 + D_9 \cdot T \cdot c^2 + D_{10} \cdot c^3 \quad (2.14)$$

Trong đó, D_i là các hệ số bậc biến có giá trị như sau:

Bảng 2.6: Bảng các giá trị của hệ số bậc biến

i	D_i	i	D_i
1	$21,54266.10^{-2}$	6	$2,52345.10^{-5}$
2	$-9,799993.10^{-4}$	7	$4,199336.10^{-7}$
3	$2,314404.10^{-6}$	8	$5,968984.10^{-2}$
4	$-2,17009.10^{-9}$	9	$-3,000691.10^{-4}$
5	$-2,020992.10^{-2}$	10	$7,308868.10^{-2}$

Cần lưu ý là các công thức (2.11), (2.12a), (2.12b), (2.12c), (2.13a), (2.13b), (2.14) chỉ được sử dụng trong trường hợp nhiệt độ của dung dịch $t = 0 \div 130$ ($^{\circ}\text{C}$) và nồng độ của dung dịch $c = 30\% \div 70\%$.

2.2.2.3 Các đồ thị thông dụng của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$

Các đồ thị của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ biểu thị mối quan hệ của các thông số trạng thái của dung dịch như entanpi, áp suất hơi dung dịch, nồng độ dung dịch, nhiệt độ dung dịch.... Các đồ thị này ngoài việc được xây dựng để xác định các thông số trạng thái của dung dịch, chúng còn được sử dụng để thể hiện chu trình làm việc của máy lạnh hấp thụ, xác định vùng kết tinh dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$...có các loại đồ thị như đồ thị Dühring “Áp suất - Nhiệt độ - Nồng độ” và đồ thị “Entanpi - Nhiệt độ - Nồng độ”...

2.2.2.4 Các bảng thông số của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$

Để xác định các thông số của dung dịch, ngoài hai phương pháp tính toán và tra đồ thị, còn có một công cụ khác là các bảng tra. Việc xác định các thông số trạng thái của dung dịch bằng phương pháp tra bảng có ưu điểm là nhanh, tiện lợi nhưng có sai số. Có hai loại bảng sau:

- Loại bảng số liệu về các tính chất nhiệt động, gồm:
 - + Bảng áp suất bão hòa của dung dịch.

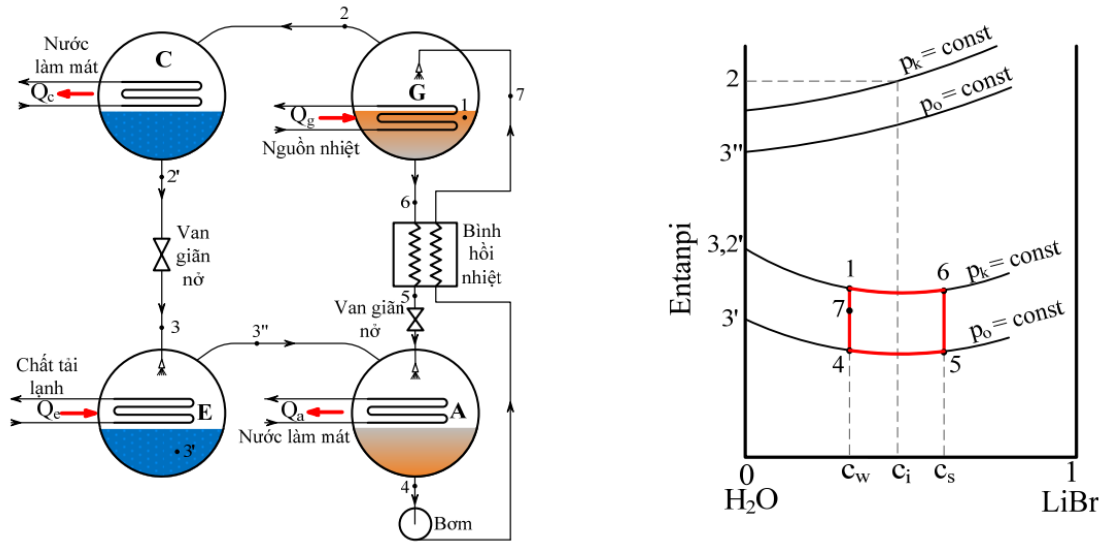
- + Bảng entanpi của dung dịch.
- + Bảng entanpi của hơi cân bằng với dung dịch lỏng sôi.
- + Bảng entropy của dung dịch.
- + Bảng entropy của hơi cân bằng với dung dịch lỏng sôi.
- *Loại bảng về các thông số nhiệt vật lý, gồm:*
 - + Bảng khối lượng riêng của dung dịch H₂O/LiBr.
 - + Bảng nhiệt dung riêng đẳng áp.
 - + Bảng hệ số dẫn nhiệt.
 - + Bảng độ nhớt động lực học.
 - + Bảng độ nhớt động học.
 - + Bảng sức căng bề mặt.

2.2.3 Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp

2.2.3.1 Biểu diễn trên đồ thị Dühring “*Entanpi - nhiệt độ - nồng độ*”

Gọi:

- Trạng thái 1: Dung dịch loãng bắt đầu sôi và bay hơi trong bình phát sinh.
- Trạng thái 2: Hơi nước quá nhiệt bay ra khỏi bình phát sinh.
- Trạng thái 2': Nước ngưng tụ trong bình ngưng.
- Trạng thái 3: Hơi nước đi vào bình bay hơi sau khi đi qua cơ cấu giảm áp.
- Trạng thái 3': Nước ở trạng thái lỏng sôi ứng với áp suất P_0 .
- Trạng thái 3'': Hơi nước bão hòa khô bay ra khỏi bình bay hơi để đi vào bình hấp thụ.
- Trạng thái 4: Dung dịch loãng ra khỏi bình hấp thụ để đi vào bình hồi nhiệt.
- Trạng thái 5: Dung dịch đậm đặc sau khi ra khỏi bình hồi nhiệt để đi vào bình hấp thụ.
- Trạng thái 6: Dung dịch đậm đặc rời khỏi bình phát sinh để đi vào bình hồi nhiệt.
- Trạng thái 7: Dung dịch loãng ra khỏi bình hồi nhiệt để đi vào bình phát sinh.



Hình 2.11: Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp trên đồ thị Dühring
“Entanpi - Nhiệt độ - Nồng độ”

Các áp suất cao và thấp lần lượt được ký hiệu là P_K và P_0 , các nồng độ đậm đặc và loãng lần lượt được ký hiệu là c_s và c_w .

Dung dịch loãng đi vào bình phát sinh có trạng thái 7 ứng với nồng độ c_w , bắt đầu sôi trong bình phát sinh ở trạng thái 1 và rời khỏi bình phát sinh ở trạng thái 6 với nồng độ c_s . Tương ứng với điều này, trạng thái dung dịch lỏng sôi trong bình phát sinh ở áp suất P_K không chỉ là 1 và 6, mà là toàn bộ trạng thái nằm trên đường $P_K = \text{const}$ ứng với nồng độ thay đổi từ c_w đến c_s . Điều này có nghĩa là hơi nước bay ra từ bình phát sinh không chỉ ở một trạng thái, mà là nhiều trạng thái cân bằng với nhiều trạng thái dung dịch lỏng sôi trong bình phát sinh ở áp suất $P_K = \text{const}$. Chính vì vậy, để xác định trạng thái đại diện hay trạng thái trung bình của hơi nước bay ra từ bình phát sinh, người ta đưa ra khái niệm nồng độ trung gian c_i . Về mặt giá trị, có thể xem c_i là trung bình cộng của c_w và c_s . Trên cơ sở đó, ta có thể xem trạng thái hơi nước trung bình (trạng thái 2) bay ra từ bình phát sinh là trạng thái cân bằng với dung dịch lỏng sôi ở nồng độ c_i và áp suất P_K .

Sau khi đi vào bình ngưng tụ và nhả nhiệt cho nước làm mát, hơi quá nhiệt 2 trở thành lỏng sôi ở trạng thái 2' và đi qua cơ cấu giảm áp để đi đến bình bay hơi ở trạng thái 3. Ở đầu ra của cơ cấu giảm áp, entanpi của trạng thái 3 bằng

entanpi của trạng thái 2', do đó, điểm 3 trùng với điểm 2' trên đồ thị. Tuy nhiên, do điểm 2' ứng với áp suất P_K , còn điểm 3 ứng với áp suất P_0 , nên điểm 3 có trạng thái hơi bão hòa ẩm. Điểm 3 là điểm hòa trộn giữa trạng thái lỏng sôi 3' và trạng thái hơi bão hòa khô 3".

Do ở bình phát sinh luôn có một lượng hơi nước bay ra nên nồng độ dung dịch rời bình phát sinh (trạng thái 6) đậm đặc hơn so với dung dịch đi vào bình phát sinh (trạng thái 7). Dung dịch ở trạng thái 6 được đưa qua bình hồi nhiệt để nhả nhiệt và trở thành trạng thái 5. Chính do nhiệt lượng nhả ra từ dòng dung dịch đậm đặc mà dòng dung dịch loãng đến từ bình hấp thụ biến đổi từ trạng thái 4 đến trạng thái 7.

Tại bình hấp thụ, hơi nước đến từ bình bay hơi có trạng thái 3" được hấp thụ bởi dòng dung dịch đậm đặc đến từ bình phát sinh có trạng thái 5. Do kết quả của quá trình giải nhiệt, dung dịch loãng rời bình hấp thụ có trạng thái 4 và được bơm dung dịch bơm trở lại bình phát sinh.

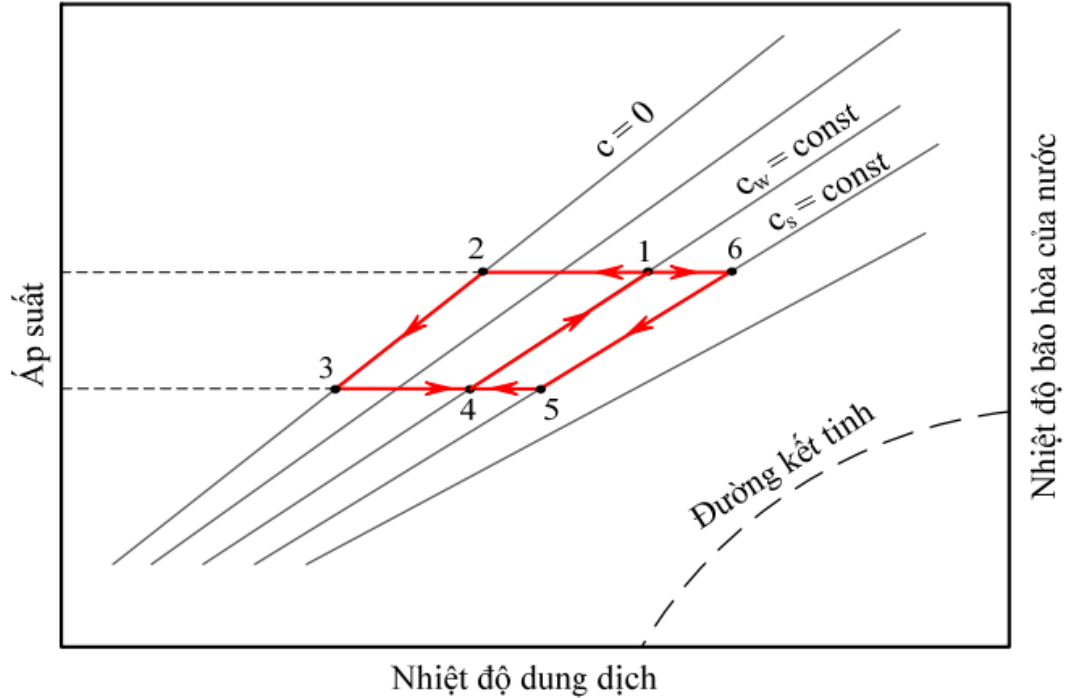
2.2.3.2 Biểu diễn trên đồ thị Dühring “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ”

So với đồ thị Dühring “Entanpi - nhiệt độ - nồng độ”, đồ thị Dühring “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ” có nhược điểm là không thể phân biệt rõ trạng thái lỏng sôi và trạng thái hơi bão hòa khô của tác nhân lạnh. Ngoài ra, trên đồ thị cũng không biểu diễn được hơi nước ở trạng thái quá nhiệt. Như vậy, có thể xem điểm 2 trên đồ thị Dühring “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ” đại diện cho các điểm 2 và 2', điểm 3 đại diện cho các điểm 3, 3' và 3".

Tuy nhiên, đồ thị Dühring “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ” có ưu điểm là có khả năng thể hiện rõ sự phân tách tác nhân lạnh và dung dịch. Nhờ đó, ta có thể thấy rõ môi chất làm việc trong hệ thống được tách ra thành hai mạch vòng khác nhau khi hệ thống làm việc, mạch thứ nhất đi qua các điểm 1-2-3-4-1, còn mạch thứ hai đi qua các điểm 1-6-5-4-1.

Như vậy, mạch thứ nhất biểu diễn các trạng thái cơ bản của tác nhân lạnh, còn mạch thứ hai biểu diễn các trạng thái cơ bản của dung dịch. Ngoài ra, đồ thị “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ” còn có các ưu điểm khác như giúp thấy rõ mức

áp suất, nồng độ và nhiệt độ làm việc trong sơ đồ.



Hình 2.12: *Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp trên đồ thị Dühring “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ”*

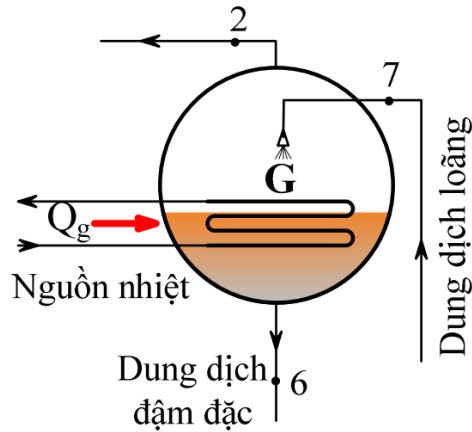
2.2.4 Các tính toán nhiệt động

Đối với máy lạnh hấp thụ một cấp, việc tính toán nhiệt động có thể được thực hiện trên cơ sở khối lượng (kg) tác nhân lạnh bay ra từ bình phát sinh G. Khi viết những phương trình cân bằng năng lượng được trình bày dưới đây, xem sự gia tăng entanpi của dung dịch khi đi qua bơm là không đáng kể.

2.2.4.1 Bình phát sinh

Gọi a là bội số tuần hoàn, a là tỷ số giữa lượng dung dịch loãng cấp vào bình phát sinh và lượng tác nhân lạnh bay ra.

Như vậy, tại bình phát sinh G, cứ ứng với 1(kg) tác nhân lạnh bay ra ta phải có a (kg) dung dịch loãng đi vào và $(a-1)$ (kg) dung dịch đậm đặc đi ra.



Hình 2.13: Bình phát sinh

Phương trình cân bằng năng lượng và cân bằng chất như sau:

$$q_g + a \cdot i_7 = i_2 + (a - 1) \cdot i_6 \quad (2.15a)$$

$$a \cdot c_w = (a - 1) \cdot c_s c_s$$

$$\Leftrightarrow a = \frac{c_s}{c_s - c_w} \quad (2.15b)$$

Trong đó:

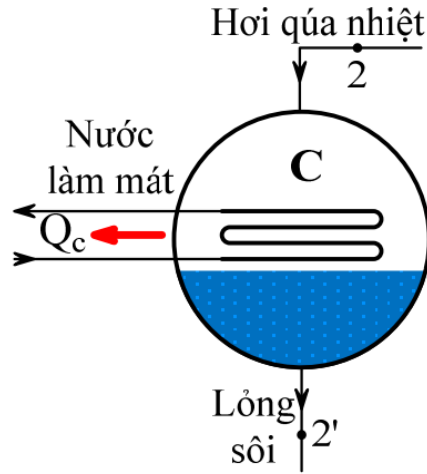
- q_g là nhiệt lượng cấp vào bình phát sinh để nhận được 1(kg) hơi tác nhân lạnh (kJ/kg).
- a là bội số tuần hoàn (kg dung dịch loãng/ kg tác nhân lạnh).
- c_s và c_w là nồng độ dung dịch đậm đặc rời khỏi bình phát sinh và nồng độ dung dịch loãng đi vào bình phát sinh (%).

2.2.4.2 Bình ngưng tụ

Tại bình ngưng tụ, cứ ứng với 1(kg) hơi nước ở trạng thái quá nhiệt đi vào sẽ có 1(kg) nước ở trạng thái lỏng sôi đi ra. Quá trình ngưng tụ được thực hiện nhờ nước làm mát. Khi đi qua bình ngưng tụ, nước làm mát sẽ nhận vào một lượng nhiệt là q_c (kJ/kg).

Phương trình cân bằng năng lượng được viết như sau:

$$q_c + i_2' = i_2 \quad (2.16)$$



Hình 2.14: Bình ngưng tự

2.2.4.3 Bình bay hơi

Nước ở trạng thái lỏng sôi đi từ bình ngưng tự sẽ đi qua cơ cấu giảm áp để đi vào bình bay hơi ở trạng thái 3. Tại bình bay hơi, hơi nước từ trạng thái hơi bão hòa ẩm 3 sẽ nhận nhiệt để biến thành trạng thái hơi bão hòa khô 3'' rồi đi vào bình hấp thụ. Gọi q_e (kJ/kg) là nhiệt lượng mà 1 (kg) hơi nước nhận vào ở bình bay hơi, phương trình cân bằng năng lượng được viết như sau:

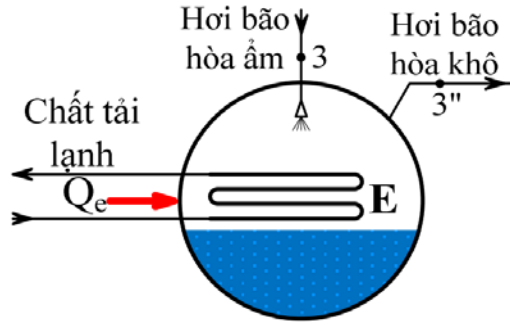
$$q_e + i_3 = i_3'' \quad (2.17a)$$

Như đã trình bày ở trên, về mặt giá trị thì $i_3 = i_2'$. Ta có thể xác định độ khô của hơi tác nhân lạnh đi vào bình bay hơi bằng công thức sau:

$$x = \frac{i_3 - i_3'}{i_3'' - i_3'} \quad (2.17b)$$

Từ đó, năng suất lạnh đơn vị q_e có thể được viết lại như sau:

$$q_e = (1 - x) \cdot (i_3'' - i_3') \quad (2.17c)$$



Hình 2.15: Bình bay hơi

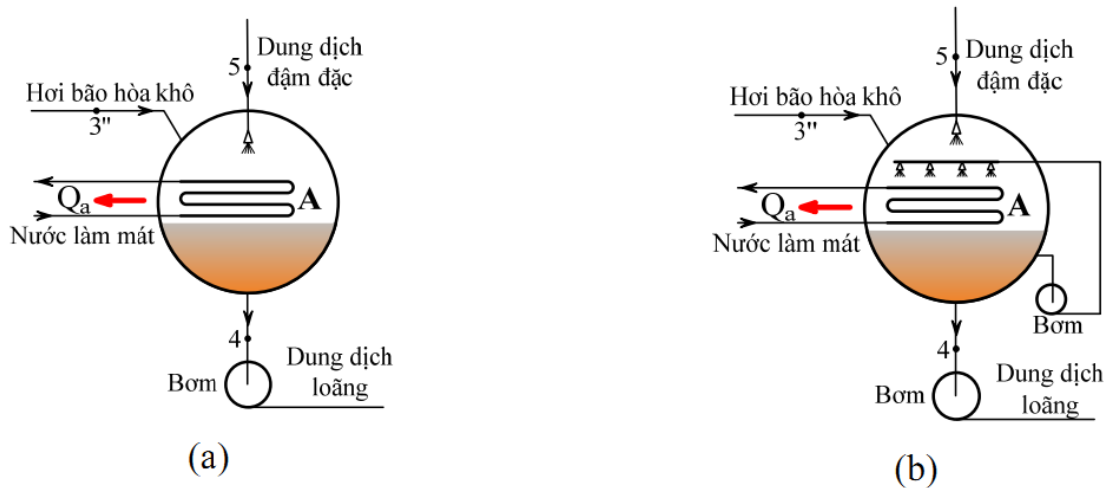
2.2.4.4 Bình hấp thụ

Tại bình hấp thụ, cứ ứng với 1 (kg) hơi nước đi vào sẽ có $(a - 1)$ (kg) dung dịch đậm đặc đi vào và a (kg) dung dịch loãng đi ra. Phương trình cân bằng năng lượng và cân bằng chất được viết như sau:

$$a \cdot c_w = (a - 1) \cdot c_s \quad (2.18a)$$

$$q_a + a \cdot i_4 = i_3 + (a - 1) \cdot i_5 \quad (2.18b)$$

Trong đó, q_a (kJ/kg) là nhiệt lượng bình hấp thụ phải nhả ra ứng với 1 (kg) tác nhân lạnh đi vào bình.



Hình 2.16: Bình hấp thụ

(a): Không có bơm dung dịch phụ, (b): Có bơm dung dịch phụ

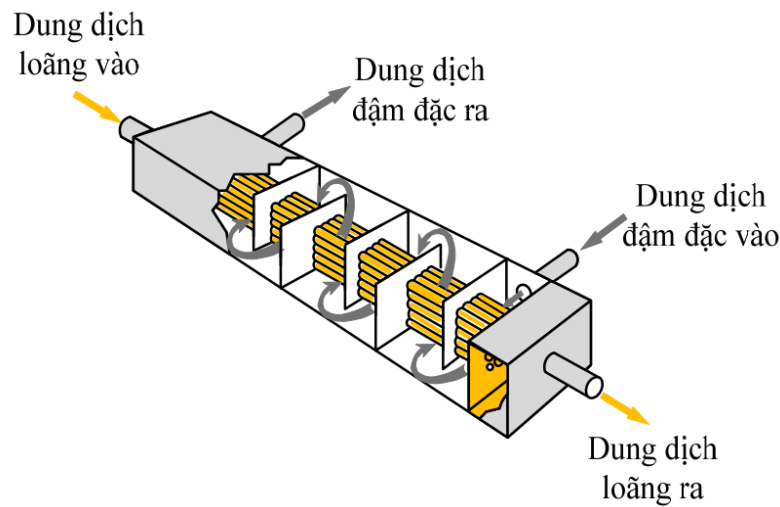
Nhằm gia tăng hiệu quả của quá trình hấp thụ, thông thường, một bơm dung

dịch phụ được trang bị tại bình hấp thụ. Trong trường hợp này, cần lưu ý đến hệ số f , f là tỷ số giữa lượng dung dịch cần được chảy tuần hoàn nhờ bơm dung dịch phụ tương ứng với 1 (kg) tác nhân lạnh bay ra khỏi bình phát sinh. Cũng tương tự bình phát sinh, nồng độ dung dịch ở bình hấp thụ cũng không đồng đều mà biến đổi từ c_s ở đầu vào cho đến c_w ở đầu ra. Thông qua bơm dung dịch phụ, ở bình hấp thụ cũng có khái niệm nồng độ trung gian. Giá trị nồng độ trung gian phụ thuộc vào giá trị của f . Trong trường hợp nếu muốn nồng độ trung gian thỏa mãn một giá trị cho trước, ta cần xác định giá trị f tương ứng. Thông thường, có thể chọn f vào khoảng 50 (*kg dung dịch/ kg tác nhân lạnh*). Lưu ý là không có mối liên hệ bắt buộc nào giữa nồng độ trung gian ở bình phát sinh và nồng độ trung gian ở bình hấp thụ.

2.2.4.5 Bình hồi nhiệt

Tại bình hồi nhiệt có sự trao đổi nhiệt giữa dòng dung dịch đậm đặc có nhiệt độ cao và dòng dung dịch loãng có nhiệt độ thấp. Khi đi qua bình hồi nhiệt, dung dịch loãng biến đổi từ trạng thái 4 đến trạng thái 7, còn dung dịch đậm đặc biến đổi từ trạng thái 6 đến trạng thái 5. Ứng với 1 (kg) tác nhân lạnh bay ra từ bình phát sinh, lượng dung dịch loãng và dung dịch đậm đặc đi qua bình hồi nhiệt lần lượt là a (kg) và $(a-1)$ (kg). Phương trình cân bằng năng lượng tại bình hồi nhiệt được viết như sau:

$$(a - 1) \cdot (i_6 - i_5) = a \cdot (i_7 - i_4) \quad (2.19)$$



Hình 2.17: Bình hồi nhiệt

Trong phương trình này, xem entanpi của dung dịch lỏng không gia tăng khi qua bơm dung dịch.

2.2.4.6 Bộ hâm nước

Nước chảy bên trong các cụm hâm nhận nhiệt lượng từ mặt trời bên ngoài. Nhiệt lượng này được xác định bằng công thức sau:

$$Q_h = \dot{m}_{hw} \cdot c_p \cdot (t_{hw2} - t_{hw1}) \quad (2.20)$$

Trong đó:

- Q_h là nhiệt lượng nước nhận được khi qua cuộn hâm (kW).
- \dot{m}_{hw} là lưu lượng khối lượng của nước nóng qua bộ hâm (kg/s).
- c_p là nhiệt dung riêng đẳng áp của nước nóng (kJ/kg.độ).
- t_{hw1} và t_{hw2} là nhiệt độ nước nóng đi vào và đi ra khỏi cụm hâm ($^{\circ}\text{C}$).

2.2.5 Xác định các thông số làm việc

Các bước xác định các thông số làm việc hợp lý của máy lạnh hấp thụ bao gồm:

1. Trong trường hợp mục đích sử dụng máy lạnh hấp thụ là điều hòa không khí

thì nên chọn nhiệt độ sôi của tác nhân lạnh trong bình bay hơi khoảng từ $4^{\circ}\text{C} \div 5^{\circ}\text{C}$.

2. Từ nhiệt độ sôi của tác nhân lạnh, xác định áp suất P_0 làm việc trong bình bay hơi và bình hấp thụ.
3. Chọn nhiệt độ nước làm mát phù hợp với điều kiện khí hậu của khu vực. Từ nhiệt độ nước làm mát và áp suất làm việc P_0 trong bình hấp thụ, xác định nồng độ dung dịch loãng c_w sao cho dung dịch làm việc trong bình hấp thụ có thể nhả nhiệt cho nước làm mát.
4. Cũng từ nhiệt độ nước làm mát, xác định nhiệt độ ngưng tụ hợp lý của tác nhân lạnh trong bình ngưng tụ và từ đó xác định áp suất làm việc P_k trong bình ngưng tụ và bình phát sinh. Khi thực hiện bước này, nên hình dung phương án giải nhiệt (song song hay nối tiếp) để có sự điều chỉnh cần thiết.
5. Xác định nhiệt độ có thể có của nguồn nhiệt cấp vào bình phát sinh. Từ nhiệt độ nguồn nhiệt cấp vào và áp suất làm việc P_k trong bình phát sinh, lựa chọn nồng độ dung dịch đậm đặc c_s sao cho nguồn nhiệt cấp vào và dung dịch trong bình phát sinh có thể trao đổi nhiệt tốt với nhau.
6. Đánh giá lại các thông số vừa chọn dưới hai góc độ: bội số tuần hoàn a và yêu cầu tránh đủ xa đường kết tinh.

Ngoài những yếu tố vừa nêu, khi lựa chọn các thông số làm việc như áp suất và nồng độ của máy lạnh hấp thụ, ta cần phải chú ý tránh đủ xa đường kết tinh, quan tâm đến phương án giải nhiệt cho bình ngưng tụ và bình hấp thụ và lưu ý đến đặc điểm thiết kế bình hồi nhiệt.

Trong các trạng thái của dung dịch trong máy lạnh, cần phải chú ý đến trạng thái dung dịch đậm đặc đi vào bình hấp thụ từ bình phát sinh, vì trạng thái này rất gần đường kết tinh. Về mặt năng lượng, cần phải chú ý đến hiệu số giữa nồng độ dung dịch đậm đặc và dung dịch loãng do hiệu số này ảnh hưởng đáng kể đến mức độ sử dụng hiệu quả năng lượng của chu trình. Chính hiệu số này quyết định giá trị của bội số tuần hoàn a . Từ công thức (2.15b) ta thấy, nếu hiệu số $(c_s - c_w)$ càng nhỏ thì càng không tốt vì giá trị của a càng lớn. Điều này có

nghĩa là, khi giá trị của a càng lớn, cứ ứng với 1 (kg) tác nhân lạnh bay ra khỏi bình phát sinh ta cần phải cung cấp vào bình phát sinh một lượng dung dịch loãng đáng kể. Khi gia tăng lượng dung dịch loãng cấp vào bình phát sinh, không chỉ phải tiêu tốn nhiều năng lượng hơn ở bơm dung dịch mà còn phải tiêu tốn nhiều năng lượng hơn ở bình phát sinh và đồng thời phải nhả nhiệt nhiều hơn ở bình hấp thụ. Như vậy, nếu có thể, nên gia tăng hiệu số ($c_s - c_w$) tuy nhiên, do những giới hạn khác, đặc biệt giới hạn của nhiệt độ nước làm mát tại khu vực hoạt động của tàu, c_w không thể được giảm đến mức nào cũng được. Tương tự như vậy, c_s cũng không thể được tăng đến mức nào cũng được, lý do là sự hạn chế của nhiệt độ nguồn nhiệt cấp vào và khả năng có thể đi vào vùng kết tinh của dung dịch. Cần lưu ý, trong trường hợp này, việc hạ thấp nhiệt độ dung dịch loãng ra khỏi bình hấp thụ và hạ thấp nhiệt độ ngưng tụ của tác nhân lạnh trong bình ngưng tụ đều mang đến những kết quả tốt hơn. Chính vì vậy, về mặt thiết kế, người ta thường chủ động chọn độ gia tăng nhiệt độ của nước làm mát khi đi qua bình hấp thụ và bình ngưng tụ nhỏ hơn mức thông thường.

Chương 3: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG LẠNH HẤP THỤ CHO CĂN HỘ

3.1 Tính toán chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp

3.1.1 Nhu cầu phụ tải lạnh cho căn hộ.

Căn hộ mà ta đang xét (bản vẽ thiết kế) cần cung cấp lạnh cho 3 phòng ngủ có cùng kích thước là $4300 \times 2800 \text{ (mm}^2\text{)}$. Mỗi phòng ta chọn 1 máy lạnh có công suất là 1HP tương đương 0.75 Kw.

Vậy tổng công suất cần cho 3 phòng ngủ là $Q_e = 2.25 \text{ Kw}$

3.1.2 Nhiệt độ nước nóng gia nhiệt vào/ra khỏi máy lạnh hấp thụ

Nhiệt độ nước nóng gia nhiệt cao sẽ giúp giảm diện tích bề mặt trao đổi nhiệt nhưng lại làm tăng khả năng ăn mòn kim loại của dung dịch $\text{H}_2\text{O/LiBr}$.

Chọn nhiệt độ nước nóng gia nhiệt vào máy lạnh là: $t_{gw1} = 100(^{\circ}\text{C})$.

Chọn nhiệt độ nước nóng gia nhiệt ra khỏi máy lạnh là:

$$t_{gw2} = t_{gw1} - 3 = 100 - 3 = 97(^{\circ}\text{C})$$

3.1.3 Nhiệt độ nước làm mát đi vào/ra khỏi bình hấp thụ

Chọn nước bơm từ giếng làm công chất làm mát cho bình hấp thụ và bình ngưng tụ. Nhiệt độ trung bình của nước là $t_{aw1} = 27,2 (^{\circ}\text{C})$.

Chọn nhiệt độ nước làm mát đi vào bình hấp thụ là: $t_{aw1} = 27,2(^{\circ}\text{C})$.

Chọn nhiệt độ nước làm mát đi ra bình hấp thụ là:

$$t_{aw2} = t_{aw1} + 4,8 = 27,2 + 4,8 = 32^{\circ}\text{C}$$

3.1.4 Nhiệt độ ra/ vào máy lạnh hấp thụ của chất tải lạnh

Với ứng dụng điều hòa không khí, nhiệt độ của chất tải lạnh ra khỏi máy lạnh hấp thụ tốt nhất là: $t_{ew2} = 8(^{\circ}\text{C})$

$$t_{ew2} = t_{ew1} + 5 = 8 + 5 = 13(^{\circ}\text{C})$$

3.1.5 Nhiệt độ và áp suất bão hòa của tác nhân lạnh trong bình bay hơi

Chọn nhiệt độ sôi của tác nhân lạnh trong bình bay hơi:

$$t_o = t_{ew1} - 4 = 8 - 4 = 4(^{\circ}\text{C})$$

Tra bảng nước và hơi nước bão hòa ứng với $t_o = 4(^{\circ}\text{C})$ ta được áp suất ngưng tụ của tác nhân lạnh trong bình ngưng là: $P_0 = 0,008439(\text{bar})$

3.1.6 Nhiệt độ và áp suất ngưng tụ của tác nhân lạnh

Do đường nước làm mát được bố trí theo kiểu nối tiếp, nước làm mát ra khỏi bình hấp thụ sẽ đi vào bình ngưng tụ nên nhiệt độ nước làm mát đi vào bình ngưng tụ là:

$$t_{cw1} = t_{aw2} = 32(^{\circ}\text{C})$$

Chọn nhiệt độ nước làm mát ra khỏi bình ngưng tụ là:

$$t_{cw2} = t_{cw1} + 4 = 32 + 4 = 36(^{\circ}\text{C})$$

Chọn nhiệt độ ngưng tụ của hơi tác nhân lạnh trong bình ngưng là:

$$t_k = t_{cw2} + 4 = 36 + 4 = 40(^{\circ}\text{C})$$

Tra bảng nước và hơi nước bão hòa ứng với $t_k = 40(^{\circ}\text{C})$ Ta được áp suất ngưng tụ của tác nhân lạnh trong bình ngưng tụ là: $P_k = 0,07375(\text{bar})$.

3.1.7 Xác định các điểm nút của chu trình

➤ *Trạng thái 4: Dung dịch loãng ra khỏi bình hấp thụ để đi vào bình hồi nhiệt*

+ Chọn nhiệt độ dung dịch ở trạng thái 4 là:

$$t_4 = t_{aw2} + 4 = 32 + 4 = 36(^{\circ}\text{C})$$

- + Nồng độ dung dịch tính theo công thức (2.10) là: $c_w = 55,54\%$
- + Entanpi của dung dịch tính theo công thức (2.02) là: $i_4 = 88,6816\%$
- *Trạng thái 6: Dung dịch đậm đặc rời khỏi bình phát sinh đi vào bình hồi nhiệt*

- + Chọn nhiệt độ dung dịch là: $t_6 = t_{gw1} - 5 = 100 - 5 = 95(^{\circ}\text{C})$
- + Áp suất của dung dịch là: $P_6 = P_k = 0,07375(\text{bar})$.
- + Nồng độ của dung dịch tính theo công thức (2.10) là: $c_s = 64,90\%$
- + Entanpi của dung dịch tính theo công thức (2.02) là: $i_6 = 242,8047(\text{kJ/kg})$.
- + Vậy, ta có giá trị nồng độ trung gian như sau:

$$c_i = \frac{c_w + c_s}{2} + \frac{55,54 + 64,90}{2} = 60,22\%$$

- *Trạng thái 1: Dung dịch loãng bắt đầu sôi và bay hơi trong bình phát sinh*
- + Áp suất của dung dịch là: $P_1 = P_k = 0,07375(\text{bar})$, nồng độ là: $c_w = 55,54\%$
- + Độ sôi của dung dịch tính theo công thức (2.08) là: $t_1 = 75,55(^{\circ}\text{C})$.
- + Entanpi của dung dịch tính theo công thức (2.02) là: $i_1 = 169,2389(\text{kJ/kg})$.
- *Trạng thái 2: Hơi nước quá nhiệt bay ra khỏi bình phát sinh*
- + Nhiệt độ sôi của dung dịch ở trung gian có nồng độ $c_i = 60,22\%$ và áp suất $P_k = 0,07375(\text{bar})$ tính theo công thức (2.48) là: $t_d = 85,60(^{\circ}\text{C})$
- + Trạng thái 2 là trạng thái hơi nước cân bằng với dung dịch lỏng sôi ở trạng thái trung gian này nên ta có: $t_2 = t_d = 85,60(^{\circ}\text{C})$
- + Tra bảng nước chưa sôi và hơi quá nhiệt ứng với $t_2 = 85,60(^{\circ}\text{C})$ và $P_2 = P_k = 0,07375(\text{bar})$ ta được entanpi là: $i_2 = 2660,64(\text{kJ/kg})$
- *Trạng thái 2': Nước ngưng tụ trong bình ngưng*
- + Đây là trạng thái lỏng sôi có nhiệt độ $t_{2'} = t_k = 40(^{\circ}\text{C})$.
- + Tra bảng nước và hơi nước bão hòa ứng với $t_{2'} = 40(^{\circ}\text{C})$, ta được giá trị của

entanpi là: $i_2' = 167,50(kJ/kg)$.

➤ *Trạng thái 3: Hơi nước đi vào bình bay hơi sau khi đi qua cơ cấu giảm áp*

+ Đây là trạng thái hơi bão hòa ẩm có áp suất $P_3 = P_o = 0,008439(bar)$

+ Entanpi của hơi nước là: $i_3 \approx i_2' = 167,50(kJ/kg)$.

➤ *Trạng thái 3': Nước ở trạng thái lỏng sôi ứng với áp suất P_o*

+ Đây là thành phần lỏng sôi trong hỗn hợp hơi của trạng thái 3, nó có cùng giá trị áp suất, nhiệt độ, entanpi với trạng thái 3.

➤ *Trạng thái 3'': Hơi nước bão hòa khô bay ra khỏi bình bay hơi*

Tra bảng nước và hơi nước bão hòa ứng với nhiệt độ $t_3'' = t_o = 4(^{\circ}C)$ ta được giá trị của entanpi là: $i_3'' = 2508,196(kJ/kg)$.

➤ *Trạng thái 7: Dung dịch loãng ra khỏi bình hồi nhiệt để đi vào bình phát*

sinh

+ Chọn nhiệt độ của dung dịch ở trạng thái 7 là: $t_7 = 65(^{\circ}C)$.

+ Nồng độ dung dịch là: $c_w = 55,54(^{\circ}C)$.

+ Entanpi của dung dịch tính theo công thức (2.42) là: $i_7 = 147,6971(kJ/kg)$.

➤ *Trạng thái 5: Dung dịch đậm đặc sau khi ra khỏi bình hồi nhiệt để đi vào bình hấp thụ.*

+ Bội số tuần hoàn của dung dịch tính theo công thức (2.15b) là:
 $a = 6,934$ (kg dung dịch loãng/kg tác nhân lạnh).

+ Entanpi của dung dịch tính theo công thức (2.42) là: $i_5 = 173,844(kJ/kg)$.

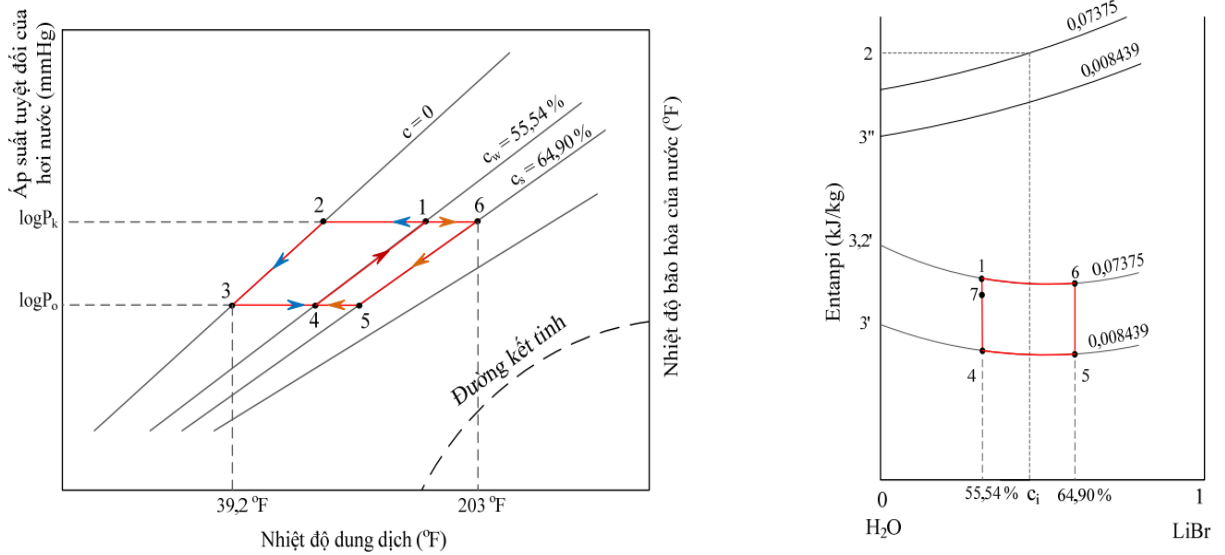
Từ kết quả tính toán trên, có thể lập bảng thông số của các trạng thái đặc trưng của chu trình như sau:

Bảng 3.1: Giá trị các thông số của các trạng thái đặc trưng

Trạng thái	Nhiệt độ ($^{\circ}C$)	Áp suất (bar)	Nồng độ (%)	Entanpi (kJ/kg)
1	75,55	0,07375	55,54	169,2389
2	85,60	0,07375	0	2660,64
2'	40	0,07375	0	167,50

3	4	0,008439	0	167,50
3'	4	0,008439	0	167,50
3''	4	0,008439	0	2508,196
4	36	0,008439	55,54	88,6816
5	-	0,07375	64,90	173,844
6	95	0,07375	64,90	242,8047
7	65	0,07375	55,54	147,6971

3.1.8 Biểu diễn chu trình trên đồ thị



Hình 3.1: Chu trình máy lạnh hấp thụ trên đồ thị $\log p - T$ và đồ thị $i - c$

3.2 Tính toán phụ tải cho các thiết bị

3.2.1 Lưu lượng tác nhân lạnh và dung dịch đi qua các thiết bị

Gọi \dot{m}_r (kg/s) là lưu lượng tác nhân lạnh đi qua bình bay hơi. Từ công thức xác định năng suất lạnh $Q_e = \dot{m}_r \cdot (i_{3''} - i_3)$ suy ra:

$$\dot{m}_r = \frac{Q_e}{i_{3''} - i_3} = \frac{2,25}{2508,196 - 167,50} = 0,000961 \left(\frac{kg}{s} \right)$$

Gọi \dot{m}_s (kg/s) là lưu lượng dung dịch loãng đi vào bình phát sinh, từ định nghĩa bội số tuần hoàn ta có:

$$\dot{m}_s = \dot{m}_r \cdot a = 0,000961 \cdot 6,934 = 0,006664(kg/s)$$

Gọi \dot{m}_d (kg/s) là lưu lượng dung dịch đậm đặc ra khỏi bình phát sinh, ta có:

$$\dot{m}_d = \dot{m}_s - \dot{m}_r = 0,006664 - 0,000961 = 0,0057(kg/s)$$

3.2.2 Bình phát sinh

Nhiệt lượng dung dịch nhận cần nhận vào để tạo ra 1 (kg) hơi tác nhân lạnh tính theo công thức (2.15a) là: $q_g = 3077,3114(kJ/kg)$.

Vậy, nhiệt lượng cần thiết cấp cho dung dịch tại bình phát sinh là:

$$Q_g = \dot{m}_r \cdot q_g = 0,000961 \cdot 3077,3114 = 2,957(kJ/s).$$

3.2.3 Bình ngưng tụ

Nhiệt lượng 1 (kg) hơi nước nhả ra cho nước làm mát tại bình ngưng tụ tính theo công thức (2.56) là: $q_c = 2493,14(kJ/kg)$.

Vậy, nhiệt lượng mà hơi nước tỏa ra trong quá trình ngưng tụ tại bình ngưng là:

$$Q_c = \dot{m}_r \cdot q_c = 0,000961 \cdot 2493,14 = 2,396(kJ/s).$$

3.2.4 Bình bay hơi

Theo dữ liệu ban đầu ta có: $Q_e = 2,25(kJ/s)$.

3.2.5 Bình hấp thụ

Nhiệt lượng dung dịch nhả ra cho nước làm mát là ứng với 1 (kg) tác nhân lạnh đi vào bình hấp thụ tính theo công thức (2.18b) là: $q_a = 2924,8681(kJ/kg)$

Vậy, nhiệt lượng dung dịch nhả ra cho nước làm mát tại bình hấp thụ là:

$$Q_a = \dot{m}_r \cdot q_a = 0,000961 \cdot 2924,8681 = 2,81(kJ/s).$$

3.2.6 Bình hồi nhiệt

Nhiệt lượng trao đổi giữa dung dịch loãng và dung dịch đậm đặc ứng tại

bình hồi nhiệt ứng với $\dot{m}_r = 0.000961(kg/s)$ tác nhân lạnh bay ra từ bình phát sinh được tính như sau:

$$\begin{aligned} Q_{ex} &= \dot{m}_r \cdot (a - 1) \cdot (i_6 - i_5) \\ &= 0,000961 \times (6,934 - 1) \cdot (242,8047 - 173,84) \\ &= 0.393(kJ/s) \end{aligned}$$

3.2.7 Kiểm tra lại kết quả tính toán

Khảo sát trên toàn bộ hệ thống ta nhận thấy:

$$Q_g + Q_e = Q_c + Q_a = 5.206(kJ/kg)$$

Vậy, các kết quả tính toán trên đã hợp lý.

3.2.8 Hệ số làm lạnh của chu trình (hệ số COP)

$$COP = \frac{Q_e}{Q_g} = \frac{2.25}{2.957} = 0,761$$


3.3 Kiểm tra đáp ứng từ môi trường.

Theo nguồn từ internet ta có bảng thống kê bức xạ mặt trời tại số quốc gia trên thế giới.

Panel Generation Factors (Asia-Pacific)

Average panel generation factor (10 year average) kWh/m²/day

Country	City	Latitude	Longitude	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year Avg
AU	Sydney	34° S	151° 0' E	6.34	5.68	4.87	3.6	2.74	2.5	2.67	3.53	4.67	5.61	6.32	6.6	4.59
CN	Hongkong	22° 18' N	114° 10' E	2.59	2.56	3.06	3.93	4.13	4.74	5.81	4.95	4.68	4.05	3.56	2.93	4.18
ID	Jakarta	6° 11' S	106° 50' E	4.15	4.59	5	4.94	4.88	4.71	5.09	5.46	5.66	5.36	4.76	4.47	5.03
IR	Tehran	35° 40' N	51° 26' E	2.23	2.84	3.72	5.12	5.99	7.32	7.2	6.41	5.59	3.9	2.61	2.02	4.58
IN	New Delhi	28° N	77° E	3.68	4.47	5.5	6.6	7.08	6.55	5.01	4.62	5.11	4.99	4.15	3.42	5.1
IN	Bombay	18° 33' N	72° 32' E	5.22	6.03	6.66	7.05	6.77	4.59	3.54	3.4	4.72	5.39	5.15	4.8	5.28
JP	Tokyo	35° 45' N	139° 38' E	2.31	2.99	3.7	4.9	5.07	4.47	4.88	5.42	3.82	2.98	2.5	2.23	4
KH	Phnom penh	11° 33' N	104° 51' E	5.27	5.78	6.02	5.76	5.09	4.3	4.55	4.07	4.34	4.41	4.88	5.03	4.85
KR	Seoul	37° 31' N	127° E	2.62	3.4	4.29	5.24	5.63	5.15	4.26	4.55	3.99	3.64	2.6	2.24	4.16
LA	Vientiane	18° 07' N	102° 35' E	4.3	4.94	5.52	5.74	5.11	4.24	4.22	4.19	4.61	4.26	4.21	4.24	4.63
LB	Beirut	33° 54' N	35° 28' E	2.64	3.4	4.63	6.03	6.96	7.9	7.84	7.19	6.13	4.5	3.14	2.44	5.68
MM	Yangon	16° 47' N	96° 09' E	5.4	6.06	6.65	6.69	5.14	3.24	3.3	2.99	4.12	4.51	4.82	5.05	4.65
MY	Kuala Lumpur	3° 07' N	101° 42' E	4.54	5.27	5.14	5.05	4.8	4.98	4.91	4.78	4.54	4.51	4.23	4.07	4.7
PH	Manila	14° 37' N	120° 58' E	4.82	5.62	6.42	6.75	6.19	4.96	4.94	4.41	4.86	4.63	4.59	4.5	5.22
SG	Singapore City	1° N	103° E	4.43	5.52	5.05	5.05	4.62	4.66	4.51	4.61	4.49	4.5	3.98	3.93	4.61
TH	Bang Kok	13° 45' N	100° 30' E	4.42	4.65	4.84	5.03	4.75	3.77	4.22	3.46	3.63	3.89	4.16	4.4	4.27
VN	Hanoi	21° N	105° 54' E	2.52	2.94	3.81	4.34	4.66	4.51	4.62	4.62	4.57	3.64	3.29	3.17	3.89
YE	Aden	12° 50' N	45° 02' E	5.45	5.78	6.52	6.48	6.71	6.72	6.33	6.33	6.41	6.54	5.99	5.39	6.22



Nước - vùng:

Tỉnh/ Bang:

Vị trí dữ liệu khí hậu:

Vĩ độ:

Kinh độ: Nguồn:

Cao độ:

Nhiệt độ thiết kế cấp nhiệt:

Nhiệt độ thiết kế làm lạnh:

Biên độ nhiệt độ trái đất:

	Nhiệt độ ngoài trời	Độ ẩm tương đối	Bức xạ mặt trời hàng ngày - đường ngang	Áp suất khí quyển	Tốc độ gió	Nhiệt độ trái đất	Cấp nhiệt độ - ngày	Độ làm lạnh các ngày
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-bng	°C-bng
Th.	26.5	72.0%	5.26	100.7	2.4	26.8	0	512
Giêng	27.2	70.2%	5.67	100.7	3.0	28.0	0	482
Th.	28.4	69.9%	6.01	100.6	3.4	29.1	0	570
Hai	29.5	72.5%	5.85	100.4	3.4	29.2	0	585
Th.	29.0	77.8%	5.17	100.3	3.0	28.5	0	589
Ba	28.0	82.3%	4.85	100.3	3.2	27.6	0	540
Th.	27.5	83.2%	4.78	100.3	3.4	27.2	0	543
Tư	27.4	83.5%	4.63	100.3	3.6	27.1	0	539
Th.	27.3	84.5%	4.72	100.4	2.8	27.1	0	519
Năm	26.9	84.8%	4.57	100.5	2.3	27.0	0	524
Th.	26.8	80.3%	4.79	100.6	2.3	26.1	0	504
Sáu	26.2	76.2%	4.78	100.7	2.2	25.9	0	502
Hàng năm	27.6	78.2%	5.09	100.5	2.9	27.5	0	6,409
Nguồn	Đất	Đất	NASA	NASA	Đất	NASA	Đất	Đất

Đo tại:

Dựa vào bảng thông số trên ta thấy thời điểm vào khoảng tháng 8 => tháng 10 có thông số bức xạ nhỏ nhất vì đây đang là mùa mưa. Ta chọn bức xạ mặt trời tại thành phố Hồ chí Minh trung bình trong ngày là:

$$Q_s = 4.57 \text{ kWh/m}^2/\text{d}.$$

Chọn hiệu suất hấp thụ bức xạ nhiệt của collector dạng ống là $\eta = 0.702$

Diện tích mái nhà: $S_m = 9.2 \times 8 = 73.6 \text{ m}^2$

Hệ thống collector dạng ống hấp thụ năng lượng mặt trời được phân bố một phần mái nhà có diện tích $S_c = 25 \text{ m}^2$

Tổng năng lượng Collector nhận được trong ngày.

$$Q_c = Q_s \times S_c \times \eta = 4.57 \times 25 \times 0.702 = 80.2 \text{ kWh.}$$


Theo tính toán ở phần trước (3.2), nhiệt lượng cần thiết cấp cho dung dịch tại bình phát sinh là: $Q_g = 2.957 \text{ kW}$

Nhiệt lượng cần thiết để máy lạnh hoạt động liên tục 24h là:

$$Q_t = 24 \times 2.957 = 70.968 \text{ kWh}$$

Ta thấy $Q_c > Q_t$

Kết luận: hệ thống có thể cung cấp lạnh cho căn hộ một cách liên tục 24/24h.

Nước - vùng: 
 Tỉnh/ Bang:
 Vị trí dữ liệu khí hậu:

Vĩ độ: °N
 Kinh độ: °E Nguồn
 Cao độ: m
 Nhiệt độ thiết kế cấp nhiệt: °C
 Nhiệt độ thiết kế làm lạnh: °C
 Biên độ nhiệt độ trái đất: °C

	Nhiệt độ ngoài trời	Độ ẩm tương đối	Bức xạ mặt trời hàng ngày - đường ngang	Áp suất khí quyển	Tốc độ gió	Nhiệt độ trái đất	Cấp nhiệt độ - ngày	Độ làm lạnh các ngày
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-bng	°C-bng
Th.	17.0	80.3%	2.34	97.5	2.3	12.1	31	217
Giêng	17.9	83.2%	2.67	97.3	2.4	14.2	3	221
Th.	20.3	85.5%	2.80	97.0	2.2	18.2	0	319
Hai	24.3	85.1%	3.27	96.7	2.5	22.4	0	429
Th.	27.4	81.5%	4.77	96.4	2.4	24.9	0	539
Ba	29.3	80.2%	5.69	96.1	2.2	26.6	0	579
Th.	29.3	81.8%	5.16	96.0	2.3	26.8	0	598
Tư	28.7	83.8%	5.09	96.1	1.9	26.4	0	580
Th.	27.8	81.2%	4.86	96.6	1.8	24.5	0	534
Năm	25.4	78.8%	4.19	97.1	2.0	21.2	0	477
Th.	22.2	77.1%	3.68	97.4	2.0	17.5	0	366
Sáu	18.4	75.9%	2.92	97.6	2.0	13.4	0	260
Hàng năm	24.0	81.2%	3.96	96.8	2.2	20.7	34	5,121
Nguồn	Đất	Đất	Đất	NASA	Đất	NASA	Đất	Đất

Đo tại:

☐ ☐ ☐ ☐

Dựa vào bảng thông số trên ta thấy thời điểm vào khoảng tháng 11 => tháng 3 có thông số bức xạ nhỏ nhất vì đây đang là mùa đông ở miền Bắc, thời tiết rất lạnh nên sẽ không dùng máy lạnh. Ta chỉ tính từ tháng 4 đến tháng 10. Chọn bức xạ mặt trời tại thành phố Hà Nội trung bình trong ngày là:

$$Q_s = 3.27 \text{ kWh/m}^2/\text{d}.$$

Chọn hiệu suất hấp thụ bức xạ nhiệt của collector dạng ống là $\eta = 0.702$

$$\text{Diện tích mái nhà: } S_m = 9.2 \times 8 = 73.6 \text{ m}^2$$

Hệ thống collector dạng ống hấp thụ năng lượng mặt trời được phân bố một phần mái nhà có diện tích $S_c = 35 \text{ m}^2$

Tổng năng lượng Collector nhận được trong ngày.

$$Q_c = Q_s \times S_c \times \eta = 3.27 \times 35 \times 0.702 = 80.3 \text{ kWh}.$$

Theo tính toán ở phần trước (3.2), nhiệt lượng cần thiết cấp cho dung dịch tại bình phát sinh là: $Q_g = 2.957 \text{ kW}$

Nhiệt lượng cần thiết để máy lạnh hoạt động liên tục 24h là:

$$Q_t = 24 \times 2.957 = 70.968 \text{ kWh}$$

Ta thấy $Q_c > Q_t$

Kết luận: hệ thống có thể cung cấp lạnh cho căn hộ một cách liên tục 24/24h.

Chương 4: SO SÁNH MÁY LẠNH HẤP THỤ VỚI MÁY LẠNH THÔNG THƯỜNG DÙNG ĐIỆN.

4.1 Tính công suất điện đáp ứng cho nhu cầu lạnh trong năm

Chọn hiệu suất tiêu thụ điện của máy lạnh là $n = 0.8$

Công suất điện cần thiết để tạo ra 2.25 Kw lạnh

$$Q_d = 2.25 / 0.8 = 2.8125 \text{ Kw}$$

Giả sử nhu cầu lạnh của căn hộ trung bình là 10h / ngày và máy lạnh chạy khoảng 75% công suất vì có lúc chạy, lúc nghỉ.

Tổng công suất tiêu thụ điện trong năm là:

$$Q_n = 2.8125 \times 4 \times 24 \times 365 \times 65 \% = 73912.5 \text{ kWh}$$

Chọn giá điện thấp nhất của điện lực thành phố Hồ Chí Minh là: 990 Vnd / 1Kwh

Số tiền phải trả trong năm là: $73912.5 \times 990 = 73\,173\,375 \text{ Vnd}$

4.2 So sánh hiệu quả của máy lạnh hấp thụ so với máy lạnh dùng điện & kết luận.

Như đã nói ở các phần trước, việc sử dụng máy lạnh hấp thụ có ý nghĩa rất lớn về môi trường và tiết kiệm năng lượng. Qua kết quả tính toán đã cho chúng ta thấy rõ hơn về lợi ích của máy lạnh hấp thụ. Nếu dùng điện chúng ta sẽ phải mất hơn 70 triệu. Tuy nhiên chi phí đầu tư sẽ cao.

Bài viết này tác giả không đi sâu vào chi phí đầu tư vì chủ yếu là dựa trên quan điểm là nghiên cứu công nghệ mới để tiết kiệm năng lượng, bảo vệ môi trường. Tác giả tin rằng trong thời gian sắp tới sẽ có nhiều ứng dụng rộng rãi hơn về lĩnh vực máy lạnh hấp thụ.

4.3 Kết luận

➤ Máy lạnh hấp thụ là giải pháp góp phần bảo vệ môi trường và tiết kiệm năng lượng.

- Máy lạnh hấp thụ có rất ít chi tiết chuyển động, kết cấu đơn giản. Vì vậy, việc vận hành máy lạnh khá đơn giản, độ tin cậy cao, làm việc ít ồn và rung.
- Chi phí vận hành thấp và có thể áp dụng ở những nơi thiếu điện.
- Có thể được áp dụng trên cả nước.
- Trong tương lai có thể sẽ được sử dụng rộng rãi hơn và thay thế máy lạnh nén hơi.

4.4 Các kết quả đề tài đã làm được

- Phân tích kết cấu và nguyên lý hoạt động của máy lạnh hấp thụ và so sánh với các loại máy lạnh khác.
- Phân tích hiệu quả các nguồn năng lượng sử dụng cho máy lạnh hấp thụ (Chủ yếu là năng lượng mặt trời)
- Đề xuất mô hình máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời cho căn hộ.
- Tính toán thiết kế sơ bộ máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ làm hệ thống điều hòa không khí cho căn hộ cao cấp.
- Kiểm tra đáp ứng năng lượng từ môi trường.
- So sánh hiệu quả kinh tế máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời với máy lạnh dùng điện cho căn hộ cao cấp

4.5 Những yếu tố cần bổ sung để tiến tới việc chế tạo máy lạnh hấp thụ vào mục đích thương mại hóa.

- Khảo sát nhu cầu của khách hàng về việc sử dụng máy lạnh hấp thụ.
- Nghiên cứu sâu hơn về lĩnh vực cơ khí, vật liệu để có thể chế tạo các bộ phận của máy lạnh đáp ứng các thông số kỹ thuật đã đưa ra.
- Nghiên cứu bộ điều khiển máy lạnh hoạt động một cách linh hoạt và tự động trong các trường hợp khác nhau.
- Giảm thiểu tối đa giá thành để có thể phân phối sản phẩm trong nhiều tầng lớp xã hội khác nhau.
- Vận động, tuyên truyền quảng bá tinh thần bảo vệ môi trường, tiết kiệm năng lượng và các sản phẩm liên quan.

4.6 Hướng phát triển của luận văn

- Ứng dụng các kết quả nghiên cứu của luận văn để thiết kế chế tạo máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ sử dụng năng lượng mặt trời trong thực tế cho căn hộ, dần dần thương mại hóa sản phẩm.
- Dự báo khả năng sử dụng máy lạnh hấp thụ năng lượng cho các vùng miền trên cả nước.

HUTECH

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Chí Hiệp (2008), *Máy lạnh hấp thụ trong kỹ thuật điều hòa không khí*, NXB Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.
- [2]. Lê Chí Hiệp (2001), *Kỹ thuật điều hòa không khí*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [3]. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy (1996), *Bài tập kỹ thuật lạnh*, NXB Giáo dục.
- [4]. Nguyễn Đức Lợi (2008), *Giáo trình thiết kế hệ thống lạnh*, NXB Giáo dục.
- [5]. Hoàng An Quốc (2004), *Xây dựng phần mềm thiết kế máy lạnh hấp thụ H₂O-LiBr*, Luận văn Thạc sĩ.
- [6]. Hoàng Đình Tín, Lê Chí Hiệp (1997), *Nhiệt động lực học kỹ thuật*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [7]. R. Palacios Bereche, R. Gonzales Palomino, S. A. Nebra¹, Thermoeconomic analysis of a single and double-effect H₂O/LiBr absorption refrigeration System, Interdisciplinary Centre of Energy Planning, University of Campinas - UNICAMP, Campinas, Brazil.
- [8]. http://www.minhha.vn/panel_generation_factor.html
- [9]. <http://www.google.com> Absorption chiller.
- [10]. <http://www.google.com> A review of absorption refrigeration technologies.
- [11]. <http://www.google.com> Absorption refrigeration.
- [12]. <http://www.mcquay.com> Absorption chiller. [26]. <http://www.robur.com> Absorption chiller.

**CÁC BẢNG SỐ LIỆU VỀ CÁC TÍNH CHẤT NHIỆT ĐỘNG VÀ
CÁC BẢNG VỀ CÁC THÔNG SỐ NHIỆT VẬT LÝ CỦA DUNG
DỊCH H₂O/LiBr**

(Nguồn từ sách Lê Chí Hiệp (2008), Máy lạnh hấp thụ trong kỹ thuật điều hòa
không khí, NXB Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.)

HUTECH

Bảng 2: Entanpy (kJ/kg) của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C													
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
0	418,7	460,5	502,4	544,3	586,2	628,0	669,9	711,8	753,6	795,5	837,8	880,1	922,4	965,1
5	392,7	432,1	471,8	511,2	550,6	590,3	629,7	669,5	708,8	748,2	788,0	829,0	868,3	908,5
10	367,2	404,4	441,7	478,1	515,4	552,7	589,9	627,6	664,4	702,1	739,4	778,3	814,8	852,8
15	342,1	376,8	411,1	445,9	481,1	516,2	551,0	586,2	621,3	656,5	692,1	727,7	762,8	798,8
20	317,8	349,2	381,4	414,1	446,7	479,8	512,5	545,5	578,6	611,7	644,8	678,7	711,3	744,4
25	293,5	322,8	352,5	383,5	413,7	444,6	475,6	506,2	537,2	568,1	598,7	630,5	661,1	692,9
30	270,5	297,3	324,9	353,4	381,4	410,7	439,2	468,1	496,6	525,9	554,8	584,1	612,9	642,2
35	247,8	272,6	298,1	324,5	350,8	377,6	404,4	431,2	458,4	485,2	512,0	539,7	566,5	593,3
40	227,3	249,5	273,0	297,7	322,4	347,5	372,2	397,3	422,4	448,0	472,7	498,6	523,4	548,5
45	208,9	229,4	251,2	273,8	297,3	320,3	343,7	367,2	391,0	414,1	437,9	461,8	485,2	508,7
50	195,1	213,9	234,0	255,4	276,7	298,5	321,1	343,3	365,9	388,5	411,6	434,6	457,6	480,6
55	189,2	206,4	225,7	245,3	265,9	286,4	307,3	328,7	350,0	371,4	393,1	414,9	436,7	458,0
60	-	209,8	227,3	245,8	265,4	285,1	304,8	324,9	345,0	365,3	386,0	406,1	427,0	447,6
65	-	-	-	254,6	270,9	289,7	309,4	328,2	347,1	365,5	385,2	404,9	424,1	443,0
70	-	-	-	-	-	-	-	335,4	352,5	370,5	388,1	406,1	423,7	440,4

HUTECH

Bảng 3: Entanpy (kJ/kg) của hơi cân bằng với dung dịch lỏng sôi

Nồng độ, %	Áp suất của dung dịch lỏng sôi, Pa (mmHg)															
	267 (2)	400 (3)	667 (5)	933 (7)	1333 (10)	2666 (20)	4000 (30)	6666 (50)	9333 (70)	13322 (100)	26664 (200)	40000 (300)	66661 (500)	101325 (760)		
0	-	-	2921,5	2929,9	2940,0	2960,1	2972,6	2989,0	3000,3	3012,8	3038,8	3055,1	3075,6	3094,5		
5	-	-	2922,0	2930,8	2940,8	2960,5	2973,0	2989,8	3001,1	3013,6	3040,0	3055,9	3076,9	3095,7		
10	-	-	2923,2	2931,6	2941,6	2961,7	2974,3	2990,6	3002,4	3014,4	3041,3	3057,6	3078,6	3097,4		
15	-	-	2924,1	2932,8	2942,5	2962,6	2975,1	2992,3	3003,6	3016,2	3043,4	3059,7	3080,2	3099,5		
20	-	-	2925,3	2934,1	2944,2	2964,2	2977,2	2994,0	3005,3	3018,3	3045,5	3061,8	3082,7	3102,4		
25	-	-	2926,2	2935,8	2946,2	2966,8	2979,3	2996,5	3008,2	3021,2	3048,0	3064,7	3086,1	3106,2		
30	-	-	2929,5	2939,1	2949,2	2970,1	2982,7	2999,8	3011,6	3024,5	3052,6	3069,3	3091,5	3111,6		
35	-	2920,3	2933,7	2942,5	2953,0	2973,9	2986,9	3004,9	3017,0	3030,4	3058,4	3075,6	3098,2	3118,7		
40	-	2925,3	2939,1	2948,8	2958,8	2980,6	2993,6	3012,0	3024,5	3037,9	3066,8	3084,0	3107,4	3128,4		
45	2923,2	2933,3	2947,5	2957,1	2968,0	2989,8	3003,6	3022,4	3034,6	3048,8	3078,1	3096,1	3120,0	3141,4		
50	2934,5	2945,0	2958,8	2968,9	2979,7	3002,4	3014,9	3035,8	3048,0	3063,1	3093,2	3112,5	3138,4	3160,2		
55	2950,0	2961,3	2976,4	2986,4	2997,7	3020,8	3035,4	3054,7	3068,5	3083,2	3114,1	3133,0	3158,1	3181,1		
60	2967,6	2979,3	2993,1	3003,6	3015,8	3039,2	3053,8	3073,9	3087,8	3103,7	3135,1	3163,1	3182,8	3205,8		
65	2983,1	2994,4	3010,3	3021,6	3032,9	3056,8	3072,7	3094,5	3109,1	3125,0	3158,5	3179,9	3209,6	3234,3		
70	-	-	-	-	-	3077,7	3094,5	3116,6	3132,1	3147,6	3184,9	3206,7	3239,3	3264,9		

Nồng độ,%	
0	0,
5	0,
10	0,
15	0,
20	0,
25	0,
30	0,
35	0,
40	0,
45	0,
50	0,
55	3,
60	

Bảng 7: Nhiệt dung riêng đẳng áp (kJ/kg.độ) của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C													
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
0	4,216	4,191	4,183	4,178	4,178	4,183	4,187	4,191	4,195	4,204	4,216	4,229	4,245	4,266
5	3,936	3,940	3,944	3,948	3,958	3,961	3,965	3,969	3,977	3,986	3,994	4,007	4,019	4,036
10	3,663	3,688	3,705	3,714	3,718	3,726	3,735	3,739	3,743	3,751	3,760	3,768	3,781	3,789
15	3,400	3,450	3,483	3,492	3,496	3,504	3,508	3,525	3,534	3,542	3,546	3,550	3,559	3,563
20	3,140	3,203	3,249	3,266	3,278	3,291	3,295	3,303	3,312	3,320	3,324	3,324	3,328	3,328
25	2,885	2,964	3,023	3,048	3,065	3,073	3,081	3,090	3,098	3,102	3,107	3,111	3,111	3,111
30	2,646	2,734	2,805	2,834	2,859	2,872	2,885	2,893	2,897	2,901	2,901	2,906	2,901	2,901
35	2,424	2,533	2,600	2,633	2,659	2,671	2,684	2,692	2,696	2,700	2,700	2,696	2,696	2,696
40	2,219	2,315	2,403	2,453	2,474	2,495	2,504	2,516	2,520	2,525	2,520	2,516	2,508	2,504
45	2,026	2,131	2,232	2,278	2,311	2,332	2,349	2,357	2,366	2,370	2,366	2,366	2,366	2,361
50	1,842	1,959	2,081	2,135	2,173	2,194	2,211	2,219	2,223	2,223	2,219	2,219	2,219	2,219
55	1,687	1,809	1,951	2,010	2,047	2,068	2,085	2,098	2,106	2,110	2,110	2,110	2,110	2,110
60	-	-	1,842	1,901	1,938	1,959	1,980	1,993	2,001	2,010	2,018	2,018	2,018	2,018
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1926	1915	1904	1904

Bảng 9: Độ nhớt động lực học ($\mu \cdot 10^2$, Pa.s) của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	1,789	1,038	1,003	0,798	0,652	0,546	0,466	0,404	0,355	0,315	0,283
5	1,844	1,388	1,086	0,877	0,72	0,609	0,528	0,463	0,419	0,376	0,342
10	1,936	1,482	1,179	0,962	0,794	0,679	0,600	0,534	0,477	0,436	0,394
15	2,069	1,585	1,269	1,044	0,863	0,738	0,646	0,578	0,520	0,473	0,442
20	2,213	1,708	1,379	1,132	0,944	0,802	0,707	0,636	0,576	0,528	0,480
25	2,406	1,841	1,511	1,24	1,03	0,871	0,772	0,687	0,625	0,575	0,525
30	2,674	2,06	1,687	1,339	1,163	0,984	0,855	0,765	0,700	0,636	0,584
35	3,011	2,341	1,911	1,588	1,308	1,12	0,986	0,873	0,799	0,718	0,664
40	3,492	2,745	2,211	1,831	1,536	1,318	1,158	1,031	0,926	0,842	0,771
45	4,391	3,456	2,731	2,271	1,901	1,636	1,430	1,268	1,151	1,033	0,93
50	5,807	4,567	3,635	2,979	2,495	2,122	1,841	1,624	1,445	1,298	1,173
55	8,408	6,429	5,191	4,283	3,543	2,999	2,587	2,243	1,981	1,799	1,651
60	-	-	8,478	6,628	5,41	4,537	3,859	3,322	2,906	2,608	2,415
65	-	-	-	-	-	7,410	6,067	5,075	4,323	3,575	3,299

Bảng 10: Độ nhớt động học ($\nu \cdot 10^6$, m²/s) của dung dịch H₂O/LiBr

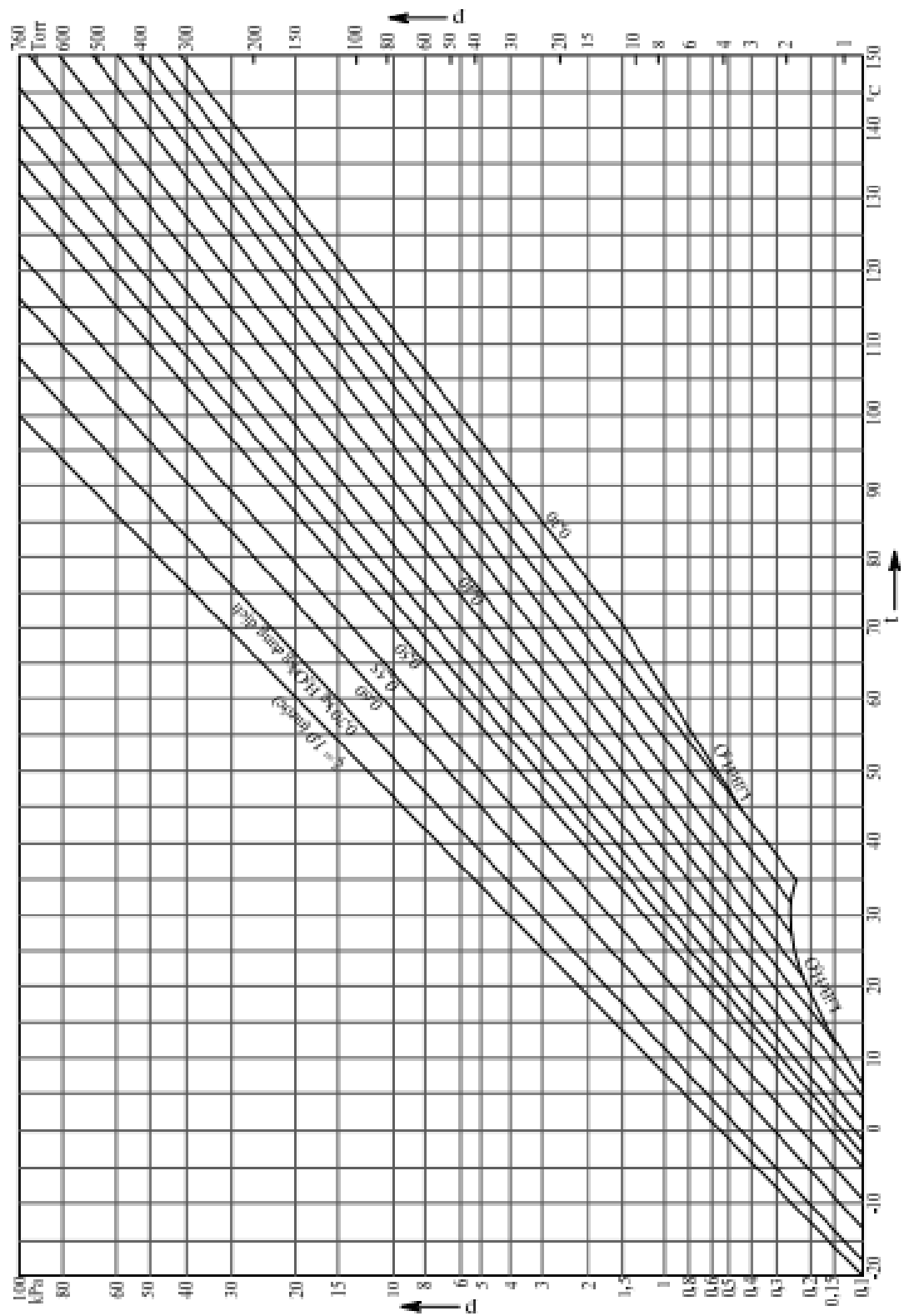
Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	1,77	1,3	1,0	0,8	0,66	0,55	0,47	0,41	0,365	0,325	0,295
5	1,78	1,34	1,05	0,85	0,70	0,595	0,52	0,46	0,42	0,38	0,350
10	1,80	1,38	1,10	0,90	0,745	0,64	0,57	0,51	0,46	0,425	0,390
15	1,85	1,42	1,14	0,94	0,78	0,67	0,59	0,53	0,48	0,44	0,415
20	1,9	1,47	1,19	0,98	0,82	0,7	0,62	0,56	0,51	0,47	0,530
25	1,98	1,52	1,25	1,03	0,86	0,73	0,65	0,58	0,53	0,49	0,450
30	2,11	1,63	1,34	1,11	0,93	0,9	0,69	0,62	0,57	0,52	0,480
35	2,27	1,77	1,45	1,21	1,00	0,86	0,76	0,68	0,62	0,56	0,520
40	2,51	1,98	1,6	1,33	1,12	0,965	0,85	0,76	0,685	0,625	0,575
45	3,00	2,37	1,88	1,57	1,32	1,14	0,995	0,89	0,81	0,73	0,660
50	3,76	2,96	2,37	1,95	1,64	1,4	1,22	1,08	0,965	0,87	0,790
55	5,15	3,95	3,2	2,65	2,2	1,87	1,62	1,41	1,25	1,14	1,050
60	-	-	4,93	3,87	3,17	2,67	2,28	1,97	1,73	1,56	1,450
65	-	-	-	-	-	4,11	3,38	2,84	2,43	2,12	1,870

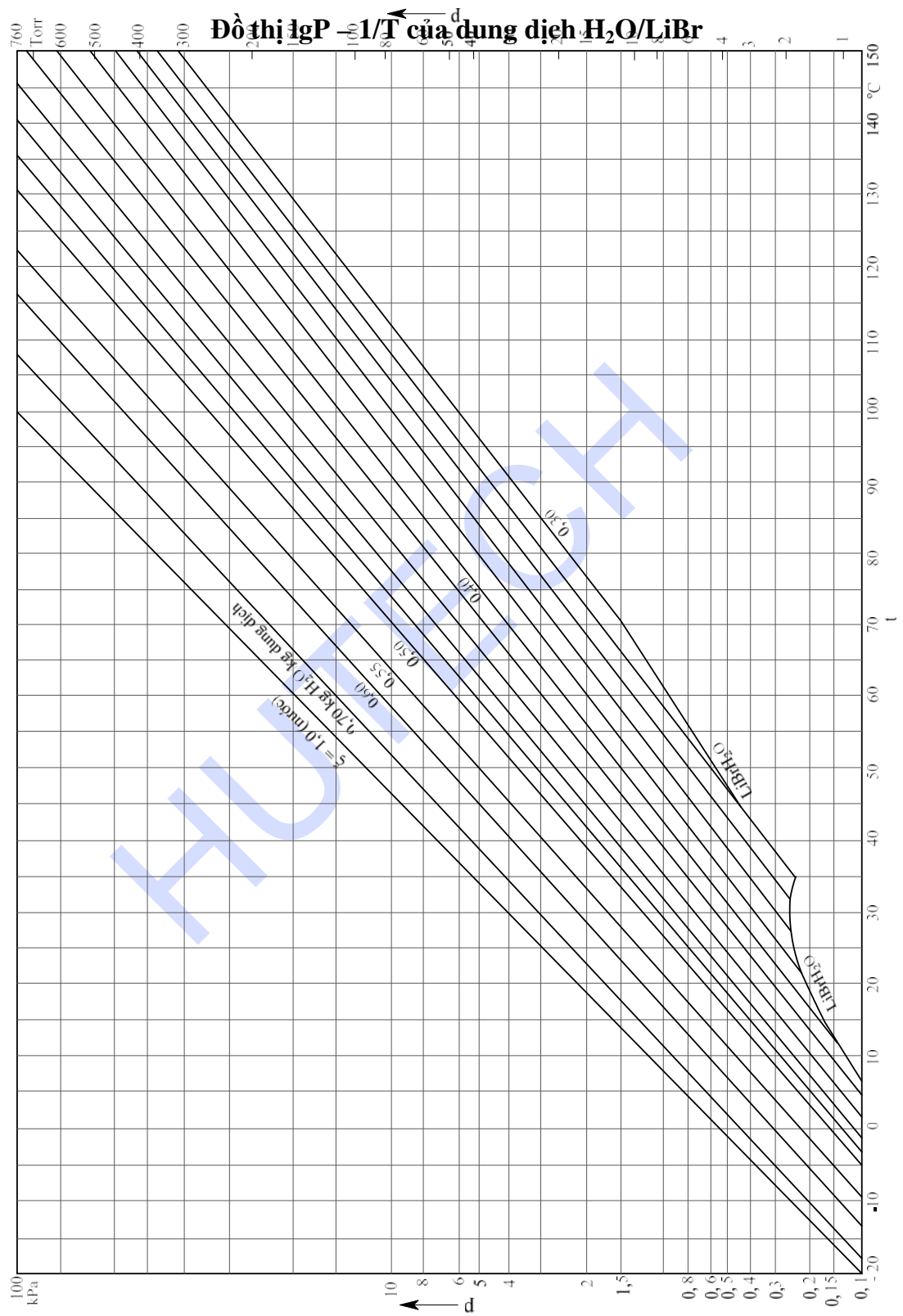
Bảng 11: Sức căng bề mặt ($\sigma \cdot 10^2$, N/m) của dung dịch $H_2O/LiBr$

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	7,66	7,45	7,26	7,07	6,92	6,71	6,58	6,42	6,26	6,11	5,95
5	7,70	7,51	7,34	7,18	7,01	6,86	6,73	6,59	6,48	6,36	6,23
10	7,76	7,60	7,43	7,29	7,13	7,00	6,88	6,77	6,66	6,56	6,45
15	7,85	7,69	7,53	7,39	7,24	7,12	6,99	6,89	6,79	6,69	6,62
20	7,93	7,79	7,65	7,51	7,37	7,24	7,14	7,04	6,94	6,87	6,76
25	8,04	7,90	7,77	7,63	7,50	7,36	7,26	7,16	7,07	7,00	6,91
30	8,18	8,04	7,91	7,75	7,65	7,52	7,41	7,31	7,27	7,15	7,07
35	8,32	8,17	8,05	7,93	7,79	7,68	7,58	7,49	7,41	7,32	7,25
40	8,46	8,29	8,20	8,08	8,02	7,87	7,77	7,68	7,60	7,52	7,44
45	8,65	8,52	8,39	8,28	8,17	8,07	7,98	7,88	7,82	7,75	7,65
50	8,86	8,74	8,61	8,51	8,40	8,30	8,21	8,14	8,05	7,98	7,91
55	9,10	8,97	8,87	8,78	8,67	8,57	8,49	8,40	8,33	8,26	8,19
60	-	-	9,17	9,05	8,95	8,86	8,78	8,69	8,62	8,55	8,51

CÁC THÔNG SỐ CỦA DUNG DỊCH

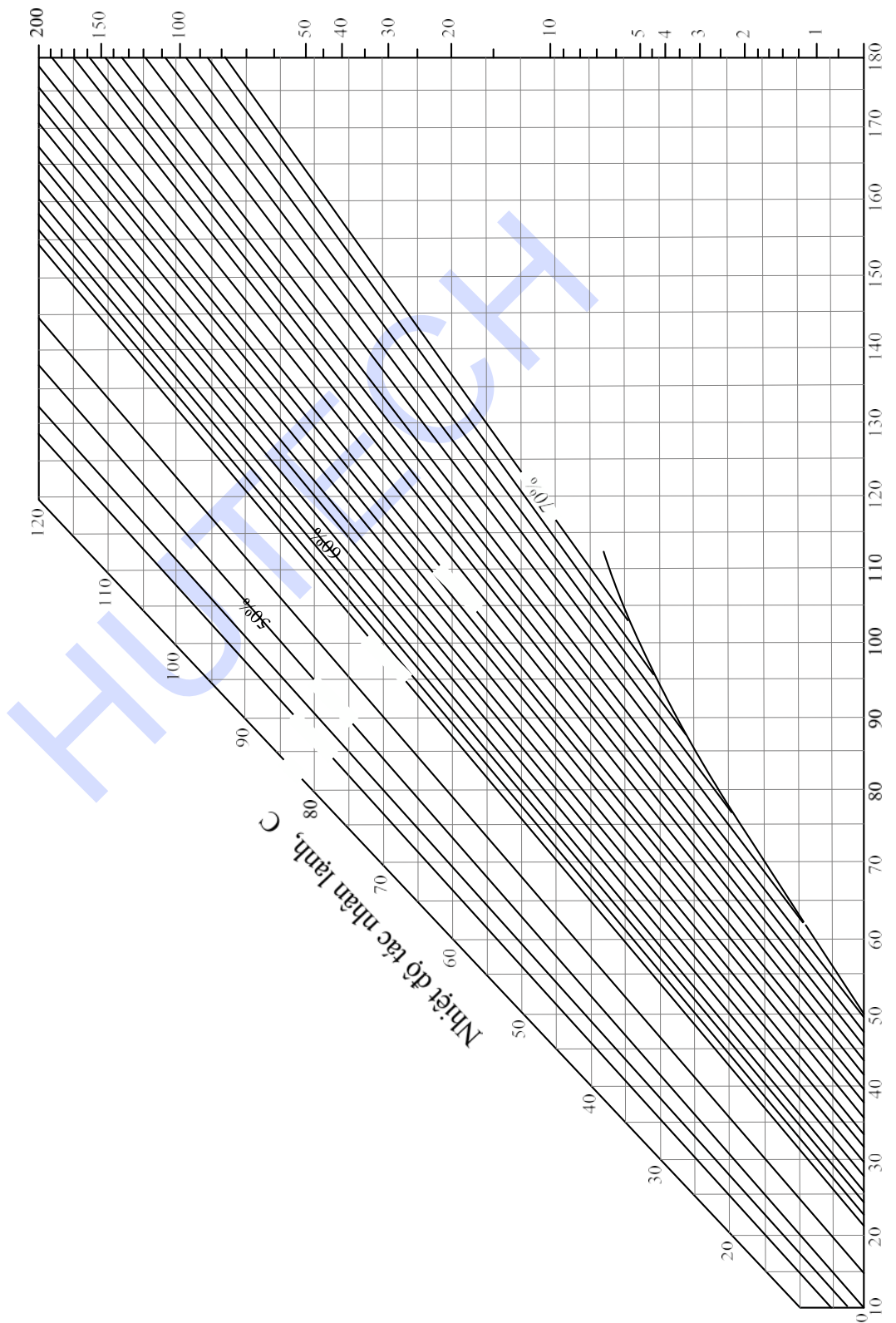
Đồ thị $\lg P - 1/T$ của dung dịch $H_2O/LiBr$

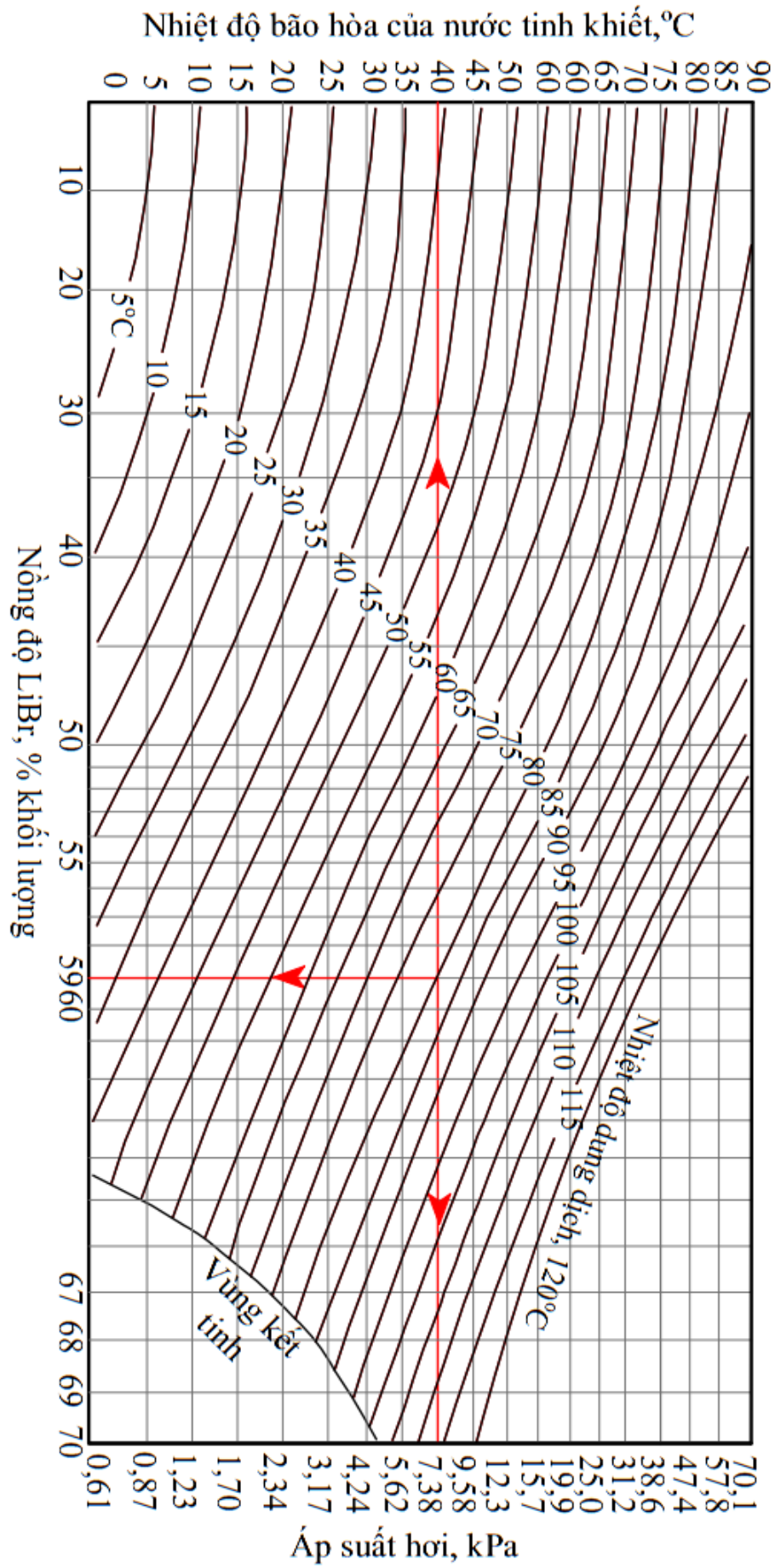




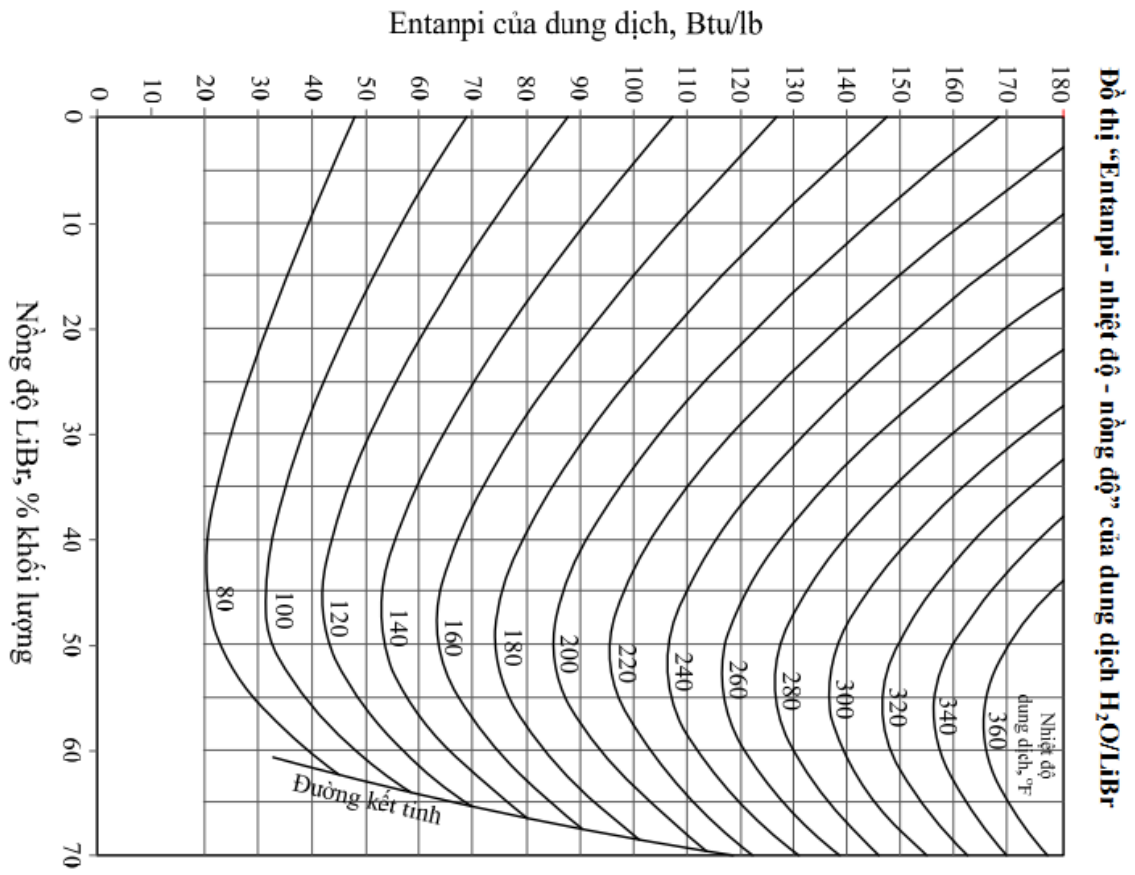
Đồ thị cân bằng của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$

Áp suất bão hòa (P), kPa





HUTECH



HUTECH

MỤC LỤC

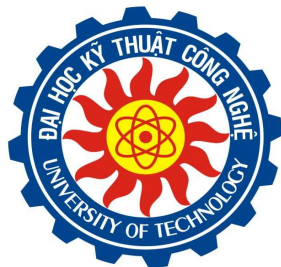
Chương 1 : GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI.....	1
1.1 Đặt Vấn Đề.....	1
1.2 Đối tượng nghiên cứu của đề tài	2
1.3 Mục tiêu của đề tài	3
1.4 Tính cấp thiết và tầm quan trọng của đề tài.....	3
1.5 Tình hình nghiên cứu trong nước và trên thế giới	3
1.5.1 Tình hình nghiên cứu trong nước.....	3
1.5.2 Tình hình nghiên cứu trên thế giới.....	4
1.6 Các nội dung chính của đề tài	7
1.7 Giới hạn của đề tài.....	7
1.8 Bố cục của đề tài	7
Chương 2: GIỚI THIỆU MÁY LẠNH HẤP THỤ	8
2.1 Cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế máy lạnh hấp thụ.....	8
2.1.1 Giới thiệu chung về máy lạnh hấp thụ.....	8
2.1.2 Nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ	9
2.1.3 Công chất dùng trong máy lạnh hấp thụ.....	11
2.1.3.1 Các yêu cầu đối với công chất dùng trong máy lạnh hấp thụ.....	11
2.1.3.2 Các loại công chất thông dụng.....	12
2.1.4 Ưu nhược điểm của máy lạnh hấp thụ.....	13
2.1.5 Phân loại máy lạnh hấp thụ H₂O/LiBr.....	14
2.1.5.1 Máy lạnh hấp thụ một cấp	14
2.1.5.1.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc	14
2.1.5.1.2 Đặc điểm.....	16
2.1.5.2 Máy lạnh hấp thụ hai cấp.....	16
2.1.5.2.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc	16
2.1.5.2.2 Đặc điểm.....	17
2.1.5.3 Máy lạnh hấp thụ ba cấp.....	18
2.1.5.3.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc	18

2.1.5.3.2	Đặc điểm.....	20
2.1.5.4	Các loại máy lạnh khác	20
2.1.6	Nguồn nhiệt dùng cho máy lạnh hấp thụ.....	20
2.1.7	Lựa chọn máy lạnh hấp thụ phù hợp cho căn hộ	23
2.2	Tính toán thiết kế máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ một cấp	24
2.2.1	Lựa chọn mô hình máy lạnh cho căn hộ cao cấp.	24
2.2.2	Tính toán các thông số trạng thái cơ bản của dung dịch $H_2O/LiBr$	28
2.2.2.1	Nồng độ của dung dịch $H_2O/LiBr$	28
2.2.2.2	Các công thức xác định các thông số trạng thái của dung dịch	28
2.2.2.2.1	Entanpi của dung dịch.....	28
2.2.2.2.2	Khối lượng riêng của dung dịch	29
2.2.2.2.3	Nhiệt độ bão hòa của tác nhân lạnh	29
2.2.2.2.4	Entanpi của tác nhân lạnh.....	30
2.2.2.2.5	Áp suất bão hòa của tác nhân lạnh.....	30
2.2.2.2.6	Nhiệt độ bão hòa của tác nhân lạnh cân bằng với dung dịch lỏng sôi. 31	
2.2.2.2.7	Nhiệt độ sôi của dung dịch	32
2.2.2.2.8	Áp suất bão hòa của dung dịch	32
2.2.2.2.9	Nồng độ của dung dịch	32
2.2.2.2.10	Nhiệt dung riêng của dung dịch.....	33
2.2.2.2.11	Hệ số dẫn nhiệt của dung dịch	33
2.2.2.2.12	Độ nhớt động lực học của dung dịch	34
2.2.2.2.13	Sức căng bề mặt của dung dịch.....	34
2.2.2.3	Các đồ thị thông dụng của dung dịch $H_2O/LiBr$	35
2.2.2.4	Các bảng thông số của dung dịch $H_2O/LiBr$	35
2.2.3	Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp.....	36
2.2.3.1	Biểu diễn trên đồ thị Dühring “ <i>Entanpi - nhiệt độ - nồng độ</i> ”	36
2.2.3.2	Biểu diễn trên đồ thị Dühring “ <i>Áp suất - nhiệt độ - nồng độ</i> ”	38
2.2.4	Các tính toán nhiệt động	39

2.2.4.1	Bình phát sinh	39
2.2.4.2	Bình ngưng tụ	40
2.2.4.3	Bình bay hơi	41
2.2.4.4	Bình hấp thụ	42
2.2.4.5	Bình hồi nhiệt	43
2.2.4.6	Bộ hâm nước.....	44
2.2.5	Xác định các thông số làm việc	44
Chương 3: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG LẠNH HẤP THỤ CHO CĂN HỘ		47
3.1	Tính toán chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp.....	47
3.1.1	Nhu cầu phụ tải lạnh cho căn hộ.	47
3.1.2	Nhiệt độ nước nóng gia nhiệt vào/ra khỏi máy lạnh hấp thụ	47
3.1.3	Nhiệt độ nước làm mát đi vào/ra khỏi bình hấp thụ	47
3.1.4	Nhiệt độ ra/ vào máy lạnh hấp thụ của chất tải lạnh	47
3.1.5	Nhiệt độ và áp suất bão hòa của tác nhân lạnh trong bình bay hơi.....	48
3.1.6	Nhiệt độ và áp suất ngưng tụ của tác nhân lạnh.....	48
3.1.7	Xác định các điểm nút của chu trình	48
3.1.8	Biểu diễn chu trình trên đồ thị	51
3.2	Tính toán phụ tải cho các thiết bị	51
3.2.1	Lưu lượng tác nhân lạnh và dung dịch đi qua các thiết bị	51
3.2.2	Bình phát sinh	52
3.2.3	Bình ngưng tụ	52
3.2.4	Bình bay hơi	52
3.2.5	Bình hấp thụ	52
3.2.6	Bình hồi nhiệt	52
3.2.7	Kiểm tra lại kết quả tính toán.....	53
3.2.8	Hệ số làm lạnh của chu trình (hệ số COP)	53
3.3	Kiểm tra đáp ứng từ môi trường.	53
Chương 4: SO SÁNH MÁY LẠNH HẤP THỤ VỚI MÁY LẠNH THÔNG THƯỜNG DÙNG ĐIỆN.....		58
4.1	Tính công suất điện đáp ứng cho nhu cầu lạnh trong năm	58

4.2 So sánh hiệu quả của máy lạnh hấp thụ so với máy lạnh dùng điện & kết luận.	58
4.3 Kết luận	58
4.4 Các kết quả đề tài đã làm được.....	59
4.5 Những yếu tố cần bổ sung để tiến tới việc chế tạo máy lạnh hấp thụ vào mục đích thương mại hóa.	59
4.6 Hướng phát triển của luận văn	59
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	61
CÁC BẢNG SỐ LIỆU VỀ CÁC TÍNH CHẤT NHIỆT ĐỘNG VÀ CÁC BẢNG VỀ CÁC THÔNG SỐ NHIỆT VẬT LÝ CỦA DUNG DỊCH $H_2O/LiBr$	62

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ TP. HCM



TRẦN TRUNG KIÊN

**NGHIÊN CỨU CÁC GIẢI PHÁP SỬ DỤNG MÁY
LẠNH HẤP THỤ HIỆU QUẢ**

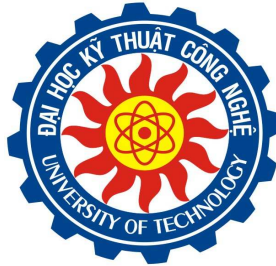
LUẬN VĂN THẠC SĨ

Chuyên ngành : Thiết bị, mạng và nhà máy điện

Mã số ngành: 605250

TP. HỒ CHÍ MINH, tháng 6 năm 2012

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ TP. HCM**



TRẦN TRUNG KIÊN

**NGHIÊN CỨU CÁC GIẢI PHÁP SỬ DỤNG
MÁY LẠNH HẤP THỤ HIỆU QUẢ**

LUẬN VĂN THẠC SĨ

Chuyên ngành : Thiết bị, mạng và nhà máy điện

Mã số ngành: 60 52 50

HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS. TS BÙI XUÂN LÂM

2. Trang 2

**CÔNG TRÌNH ĐƯỢC HOÀN THÀNH TẠI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ TP. HCM**

Cán bộ hướng dẫn khoa học : PGS.TS BÙI XUÂN LÂM

(Ghi rõ họ, tên, học hàm, học vị và chữ ký)

Luận văn Thạc sĩ được bảo vệ tại Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ TP. HCM ngày 14 tháng 07 năm 2012

Thành phần Hội đồng đánh giá Luận văn Thạc sĩ gồm:

(Ghi rõ họ, tên, học hàm, học vị của Hội đồng chấm bảo vệ Luận văn Thạc sĩ)

1. TS. Nguyễn Thanh Phương - Chủ tịch
2. PGS.TS Trần Thu Hà - Phản biện 1
3. TS. Võ Viết Cường - Phản biện 2
4. TS. Võ Hoàng Duy - Ủy viên
5. TS. Nguyễn Viễn Quốc - Ủy viên, thư ký

Xác nhận của Chủ tịch Hội đồng đánh giá Luận sau khi Luận văn đã được sửa chữa (nếu có).

Chủ tịch Hội đồng đánh giá LV

3. Trang 3

TRƯỜNG ĐH KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ TP. HCM
PHÒNG QLKH - ĐTSĐH

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

TP. HCM, ngày..... tháng..... năm 20

NHIỆM VỤ LUẬN VĂN THẠC SĨ

Họ tên học viên: Trần Trung Kiên

Giới tính: Nam

Ngày, tháng, năm sinh: 25-01-1987

Nơi sinh: Bình Định

Chuyên ngành: Thiết bị, mạng và nhà máy điện

MSHV: 1081030012

I- TÊN ĐỀ TÀI:

NGHIÊN CỨU CÁC GIẢI PHÁP SỬ DỤNG MÁY LẠNH HẤP THỤ HIỆU QUẢ

II- NHIỆM VỤ VÀ NỘI DUNG:

1. Giới thiệu máy lạnh hấp thụ và các nguồn năng lượng sử dụng máy lạnh hấp thụ.
2. Tính toán thiết kế sơ bộ máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ làm hệ thống điều hòa trung tâm cho căn hộ cao cấp.
3. So sánh hiệu quả với việc sử dụng máy lạnh thông thường & Kết luận.

III- NGÀY GIAO NHIỆM VỤ: 15/09/2011

IV- NGÀY HOÀN THÀNH NHIỆM VỤ: 15/07/2012

V- CÁN BỘ HƯỚNG DẪN: PGS.TS BÙI XUÂN LÂM

.....
.....

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

(Họ tên và chữ ký)

KHOA QUẢN LÝ CHUYÊN NGÀNH

(Họ tên và chữ ký)

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nêu trong Luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tôi xin cam đoan rằng mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện Luận văn này đã được cảm ơn và các thông tin trích dẫn trong Luận văn đã được chỉ rõ nguồn gốc.

Học viên thực hiện Luận văn

(Ký và ghi rõ họ tên)

TRẦN TRUNG KIÊN

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận văn này, tôi đã nhận được sự hướng dẫn, giúp đỡ quý báu của các thầy cô, các anh chị, bạn bè. Với lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc tôi xin được bày tỏ lời cảm ơn chân thành tới:

Ban giám hiệu, Phòng đào tạo sau đại học trường Đại học Kỹ Thuật Công Nghệ đã tạo mọi điều kiện thuận lợi giúp đỡ tôi trong quá trình học tập và hoàn thành luận văn.

Phó giáo sư - Tiến sĩ Bùi Xuân Lâm, người thầy kính mến đã hết lòng giúp đỡ, dạy bảo, động viên và tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận văn tốt nghiệp.

Tất cả người thân, bạn bè và đồng nghiệp đã động viên, giúp đỡ tác giả trong quá trình học tập cũng như trong quá trình làm luận văn.

Trần Trung Kiên

TÓM TẮT

Với hai ưu điểm lớn là có thể hoạt động bằng những nguồn nhiệt thái, năng lượng mặt trời và môi chất làm việc không gây tác hại đối với môi trường, máy lạnh hấp thụ ngày càng được sử dụng phổ biến. Con người đã biết thay thế từ máy nước nóng dùng điện sang dùng năng lượng mặt trời để tiết kiệm năng lượng, bảo vệ môi trường, thực tế cho thấy hiện nay hầu hết các căn hộ cao cấp đều lắp các máy nước nóng sử dụng năng lượng mặt trời. Vì vậy ý tưởng thay thế máy lạnh dùng điện sang dùng năng lượng mặt trời là có thể khả thi.

Với ý tưởng đó, luận văn này tập trung nghiên cứu các vấn đề sau:

- Kết cấu và nguyên lý hoạt động của máy lạnh hấp thụ và so sánh với các loại máy lạnh khác.
- Các nguồn năng lượng sử dụng máy lạnh hấp thụ: phân tích hiệu quả, kết cấu hệ thống.
- Đề xuất mô hình máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời cho căn hộ.
- Tính toán thiết kế sơ bộ máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ làm hệ thống điều hòa trung tâm cho căn hộ cao cấp.
- So sánh hiệu quả kinh tế máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời với máy lạnh dùng điện cho căn hộ cao cấp.

ABSTRACT

Compared to other types of refrigerators, absorption refrigerators show big advantages such as the required energy sources can be exhausted gas or solar energy and almost no environment pollution as a result. Recently, many types of water heaters used for houses and offices are using solar energy. Therefore, it is feasible to use the solar energy for absorption refrigerators.

This project investigates the following problems:

- Analyze the structure and the operating principles of absorption refrigerators, and compare to other types of refrigerators.
- Analyze the efficiency of different power sources using for the absorption refrigerators.
- Propose the model of the absorption refrigerator using for house (with solar power as the power source).
- Calculate, design $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ absorption refrigerator for the central air conditioning system for a luxury apartment.
- Compare the economic efficiency of solar power refrigerator and electricity power refrigerator.

MỤC LỤC

Chương 1 : GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI.....	1
1.1 Đặt Vấn Đề.....	1
1.2 Đối tượng nghiên cứu của đề tài	2
1.3 Mục tiêu của đề tài	3
1.4 Tính cấp thiết và tầm quan trọng của đề tài.....	3
1.5 Tình hình nghiên cứu trong nước và trên thế giới	3
1.5.1 Tình hình nghiên cứu trong nước	3
1.5.2 Tình hình nghiên cứu trên thế giới.....	4
1.6 Các nội dung chính của đề tài	7
1.7 Giới hạn của đề tài.....	7
1.8 Bố cục của đề tài	7
Chương 2: GIỚI THIỆU MÁY LẠNH HẤP THỤ	8
2.1 Cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế máy lạnh hấp thụ.....	8
2.1.1 Giới thiệu chung về máy lạnh hấp thụ.....	8
2.1.2 Nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ.....	9
2.1.3 Công chất dùng trong máy lạnh hấp thụ.....	11
2.1.3.1 Các yêu cầu đối với công chất dùng trong máy lạnh hấp thụ.....	11
2.1.3.2 Các loại công chất thông dụng.....	12
2.1.4 Ưu nhược điểm của máy lạnh hấp thụ.....	13
2.1.5 Phân loại máy lạnh hấp thụ H₂O/LiBr.....	15
2.1.5.1 Máy lạnh hấp thụ một cấp	15
2.1.5.1.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc	15
2.1.5.1.2 Đặc điểm.....	16
2.1.5.2 Máy lạnh hấp thụ hai cấp.....	16
2.1.5.2.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc	16
2.1.5.2.2 Đặc điểm.....	18
2.1.5.3 Máy lạnh hấp thụ ba cấp.....	18
2.1.5.3.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc	18

2.1.5.3.2	Đặc điểm.....	20
2.1.5.4	Các loại máy lạnh khác	21
2.1.6	Nguồn nhiệt dùng cho máy lạnh hấp thụ.....	21
2.1.7	Lựa chọn máy lạnh hấp thụ phù hợp cho căn hộ	23
2.2	Tính toán thiết kế máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ một cấp	25
2.2.1	Lựa chọn mô hình máy lạnh cho căn hộ cao cấp.....	25
2.2.2	Tính toán các thông số trạng thái cơ bản của dung dịch $H_2O/LiBr$	28
2.2.2.1	Nồng độ của dung dịch $H_2O/LiBr$	28
2.2.2.2	Các công thức xác định các thông số trạng thái của dung dịch	28
2.2.2.2.1	Entanpi của dung dịch.....	28
2.2.2.2.2	Khối lượng riêng của dung dịch	29
2.2.2.2.3	Nhiệt độ bão hòa của tác nhân lạnh	30
2.2.2.2.4	Entanpi của tác nhân lạnh	30
2.2.2.2.5	Áp suất bão hòa của tác nhân lạnh.....	31
2.2.2.2.6	Nhiệt độ bão hòa của tác nhân lạnh cân bằng với dung dịch lỏng sôi. 31	
2.2.2.2.7	Nhiệt độ sôi của dung dịch	32
2.2.2.2.8	Áp suất bão hòa của dung dịch.....	33
2.2.2.2.9	Nồng độ của dung dịch	33
2.2.2.2.10	Nhiệt dung riêng của dung dịch.....	34
2.2.2.2.11	Hệ số dẫn nhiệt của dung dịch	34
2.2.2.2.12	Độ nhớt động lực học của dung dịch	34
2.2.2.2.13	Sức căng bề mặt của dung dịch	35
2.2.2.3	Các đồ thị thông dụng của dung dịch $H_2O/LiBr$	35
2.2.2.4	Các bảng thông số của dung dịch $H_2O/LiBr$	36
2.2.3	Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp.....	36
2.2.3.1	Biểu diễn trên đồ thị Dühring “Entanpi - nhiệt độ - nồng độ”.....	36
2.2.3.2	Biểu diễn trên đồ thị Dühring “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ”.....	39
2.2.4	Các tính toán nhiệt động	40

2.2.4.1	Bình phát sinh	40
2.2.4.2	Bình ngưng tụ.....	41
2.2.4.3	Bình bay hơi	42
2.2.4.4	Bình hấp thụ	43
2.2.4.5	Bình hồi nhiệt	44
2.2.4.6	Bộ hâm nước.....	45
2.2.5	Xác định các thông số làm việc	45
Chương 3: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG LẠNH HẤP THỤ CHO CĂN HỘ		48
3.1	Tính toán chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp.....	48
3.1.1	Nhu cầu phụ tải lạnh cho căn hộ.	48
3.1.2	Nhiệt độ nước nóng gia nhiệt vào/ra khỏi máy lạnh hấp thụ	48
3.1.3	Nhiệt độ nước làm mát đi vào/ra khỏi bình hấp thụ	48
3.1.4	Nhiệt độ ra/ vào máy lạnh hấp thụ của chất tải lạnh	49
3.1.5	Nhiệt độ và áp suất bão hòa của tác nhân lạnh trong bình bay hơi.....	49
3.1.6	Nhiệt độ và áp suất ngưng tụ của tác nhân lạnh.....	49
3.1.7	Xác định các điểm nút của chu trình	50
3.1.8	Biểu diễn chu trình trên đồ thị	53
3.2	Tính toán phụ tải cho các thiết bị	53
3.2.1	Lưu lượng tác nhân lạnh và dung dịch đi qua các thiết bị	53
3.2.2	Bình phát sinh	54
3.2.3	Bình ngưng tụ.....	54
3.2.4	Bình bay hơi	54
3.2.5	Bình hấp thụ	54
3.2.6	Bình hồi nhiệt	55
3.2.7	Kiểm tra lại kết quả tính toán.....	55
3.2.8	Hệ số làm lạnh của chu trình (hệ số COP)	55
3.3	Kiểm tra đáp ứng từ môi trường.	55
Chương 4: SO SÁNH MÁY LẠNH HẤP THỤ VỚI MÁY LẠNH THÔNG THƯỜNG DÙNG ĐIỆN.....		60
4.1	Tính công suất điện đáp ứng cho nhu cầu lạnh trong năm.....	60

4.2 So sánh hiệu quả của máy lạnh hấp thụ so với máy lạnh dùng điện & kết luận.	60
4.3 Kết luận	60
4.4 Các kết quả đề tài đã làm được.....	61
4.5 Những yếu tố cần bổ sung để tiến tới việc chế tạo máy lạnh hấp thụ vào mục đích thương mại hóa.	61
4.6 Hướng phát triển của luận văn	61
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	63
CÁC BẢNG SỐ LIỆU VỀ CÁC TÍNH CHẤT NHIỆT ĐỘNG VÀ CÁC BẢNG VỀ CÁC THÔNG SỐ NHIỆT VẬT LÝ CỦA DUNG DỊCH $H_2O/LiBr$	64

9. Danh mục các từ viết tắt

10. Danh mục các bảng

- 2.1 Bảng các giá trị của hệ số a_{ij} [Entanpi của dung dịch]
- 2.2 Bảng các giá trị của hệ số a_{ij} [Khối lượng riêng của dung dịch]
- 2.3 Bảng các giá trị của hệ số a_{ij} [Entanpi của tác nhân lạnh]
- 2.4 Bảng các giá trị của hệ số a_{ij} [Nhiệt độ bão hòa của tác nhân lạnh]
- 2.5 Bảng các giá trị của hệ số a_{ij} [Nồng độ của dung dịch]
- 2.6 Bảng các giá trị của hệ số bậc biến
- 3.1 Giá trị các thông số của các trạng thái đặt trung.
- 3.2 Bảng thông số bức xạ mặt trời các vùng trên thế giới.
- 3.3 Bảng thông số bức xạ mặt trời tại thành phố Hồ Chí Minh
- 3.4 Bảng thông số bức xạ mặt trời tại Hà Nội.

11. Danh mục các biểu đồ, đồ thị, sơ đồ, hình ảnh

- 1.1 Máy lạnh hấp thụ của hãng Broad
- 1.2 Máy lạnh hấp thụ của hãng TRANE
- 1.3 Máy lạnh hấp thụ của hãng DAIKIN
- 1.4 Máy lạnh hấp thụ của hãng McQuay
- 1.5 Máy lạnh hấp thụ của hãng YORK
- 2.1 Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ
- 2.2 Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ một cấp
- 2.3 Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ hai cấp
- 2.4 Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ ba cấp
- 2.5 Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp trên đồ thị Dühring “Entanpi - Nhiệt độ - Nồng độ”

- 2.6 Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp trên đồ thị Dühring “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ”
- 2.7 Bình phát sinh.
- 2.8 Bình ngưng tụ
- 2.9 Bình bay hơi.
- 2.10 Bình hấp thụ
- 2.11 Bình hồi nhiệt
- 3.1 Chu trình máy lạnh hấp thụ trên đồ thị $\log p - T$ và đồ thị $i - c$
- 3.2 Các bảng số liệu về các tính chất nhiệt động và các bảng về các thông số nhiệt vật lý của dung dịch $H_2O/LiBr$

Chương 1 : GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ ĐỀ TÀI

1.1 Đặt Vấn Đề

Từ hàng ngàn năm trước, con người đã biết sử dụng băng tuyết để bảo quản thực phẩm và kỹ thuật làm lạnh tự nhiên này được sử dụng đến tận đầu thế kỷ 18. Năm 1834, chiếc máy lạnh đầu tiên của thế giới được chế tạo bởi nhà khoa học Jacop Perskin đã đánh dấu bước tiến mới của con người trong kỹ thuật làm lạnh, đó là kỹ thuật làm lạnh nhân tạo. Kể từ đó, kỹ thuật làm lạnh này không ngừng được nghiên cứu, phát triển và máy lạnh không còn chỉ dùng để bảo quản thực phẩm.

Đã có nhiều loại máy lạnh được phát minh và chế tạo như: máy lạnh nén hơi, máy lạnh hấp thụ, máy lạnh ejector, máy lạnh nhiệt điện... trong đó, đáng chú ý nhất là loại máy lạnh nén hơi. Máy lạnh nén hơi hoạt động dựa trên nguyên lý sử dụng quá trình sôi, hóa hơi và quá trình ngưng tụ của một loại chất lỏng (tác nhân lạnh) để nhận nhiệt lượng từ đối tượng cần được làm lạnh và nhả ra môi trường bên ngoài với năng lượng cấp vào cho chu trình làm việc là cơ năng. Với rất nhiều ưu điểm như: hệ số COP (hệ số làm lạnh) cao, kết cấu nhỏ gọn, làm việc tin cậy, giá thành thấp, phạm vi áp dụng rộng... máy lạnh nén hơi là loại máy lạnh được chế tạo và sử dụng phổ biến nhất so với các loại còn lại.

Tuy nhiên, thế giới hiện tại đang đối mặt với hai vấn đề lớn, ô nhiễm môi trường sống và nguồn dầu mỏ đang cạn kiệt, mà máy lạnh nén hơi là một trong những yếu tố làm tăng tính nghiêm trọng của hai vấn đề này. Đa số các tác nhân lạnh (chất CFC và HCFC) đang được sử dụng trong máy lạnh nén hơi có tác hại phá hủy tầng ozone và gây hiệu ứng nhà kính; năng lượng hoạt động (cơ năng) của máy lạnh phần lớn bắt nguồn từ dầu mỏ và việc tiêu thụ dầu mỏ sản sinh ra các khí gây hiệu ứng nhà kính. Vì thế, con người đang phải cân nhắc lại khả năng ứng dụng của máy lạnh nén hơi.

Có những biện pháp đang được thực hiện nhằm giảm thiểu tác hại của việc sử dụng máy lạnh như: thay tác nhân lạnh là chất CFC bằng chất HFC; hạn chế sử dụng dầu mỏ bằng cách chuyển sang sử dụng các dạng năng lượng khác như năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng nước... Tuy nhiên, các biện pháp trên

không thể được thực hiện một cách có hiệu quả trong một sớm một chiều.

Trong bối cảnh đó, máy lạnh hấp thụ trở thành một trong những giải pháp rất hiệu quả giúp giải quyết các vấn đề mà máy lạnh nén hơi gặp phải. Về nguyên lý hoạt động, máy lạnh hấp thụ cũng sử dụng quá trình sôi, hóa hơi và quá trình ngưng tụ của tác nhân lạnh để nhận nhiệt lượng từ vật cần làm lạnh và thải ra môi trường, tuy nhiên, năng lượng cấp vào chu trình làm việc lại là nhiệt năng. Máy lạnh hấp thụ có hai ưu điểm lớn là tác nhân lạnh không gây tác hại đối với môi trường và nhiệt lượng cấp vào máy lạnh hấp thụ có thể lấy từ nguồn nhiệt thải như khí xả của động cơ diesel, khí xả của các lò luyện kim, nước làm mát động cơ... từ năng lượng mặt trời, từ việc đốt các loại nhiên liệu như trấu, than bùn...

Thực tế, máy lạnh hấp thụ đã được phát minh từ năm 1858 bởi nhà khoa học người Pháp Ferdinand Carré nhưng đã không cạnh tranh nổi với máy lạnh nén hơi do có nhược điểm kích thước lớn và hệ số làm lạnh thấp. Tuy nhiên, với những ưu điểm sẵn có cộng sự tiến bộ của con người trong kỹ thuật chế tạo và vật liệu, ngày nay, máy lạnh hấp thụ được sản xuất rộng rãi và từng bước cạnh tranh với máy lạnh nén hơi trong cả hai lĩnh vực làm lạnh và điều hòa không khí.

Ở Việt Nam, máy lạnh hấp thụ chỉ được nhập khẩu và sử dụng rất hạn chế. Như đã nói, máy lạnh hấp thụ có thể hoạt động với nguồn nhiệt như năng lượng mặt trời, khí xả từ các động cơ diesel, nước làm mát động cơ... Vì thế, mục tiêu mà đề tài hướng đến là xây dựng cơ sở lý thuyết tính toán, thiết kế máy lạnh hấp thụ hoạt động bằng năng lượng mặt trời cho căn hộ cao cấp.

Kết quả nghiên cứu của đề tài có thể làm nền tảng cho việc tính toán hệ thống điều hòa không khí dạng hấp thụ sử dụng cho hộ gia đình

1.2 Đối tượng nghiên cứu của đề tài

Hiện nay hầu hết các hệ thống lạnh sử dụng trong công nghiệp cũng như dân dụng đều là kiểu nén hơi. Hàng năm, các hệ thống này tiêu tốn một chi phí rất lớn cho năng lượng hoạt động và có nguy cơ gây ra nhiều tác động xấu đến môi trường.

Với hai ưu điểm lớn là có thể hoạt động bằng nguồn nhiệt từ mặt trời và môi chất làm việc không gây tác hại đến môi trường, máy lạnh hấp thụ rất thích hợp thay

thể các máy lạnh nén hơi làm hệ thống điều hòa trung tâm cho các tòa nhà hoặc ít nhất là chạy song song với máy lạnh nén hơi để tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường. Vì thế, đối tượng mà đề tài này muốn nghiên cứu là máy lạnh hấp thụ hoạt động bằng nguồn nhiệt từ mặt trời cho căn hộ cao cấp

1.3 Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu mà đề tài này hướng đến là xây dựng thành công một phần cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế máy lạnh hấp thụ hoạt động bằng năng lượng mặt trời dùng với mục đích điều hòa không khí cho căn hộ cao cấp. Từ các kết quả nghiên cứu của đề tài, tiến đến nghiên cứu chế tạo máy lạnh hấp thụ sử dụng trong công nghiệp cũng như dân dụng, góp phần cải thiện môi trường sống của con người, tiết kiệm năng lượng và thương mại hóa thiết bị.

1.4 Tính cấp thiết và tầm quan trọng của đề tài

Máy lạnh hấp thụ đã được nghiên cứu, chế tạo và thương mại hóa từ lâu ở các nước như Mỹ, Trung Quốc, Hàn Quốc, Nhật Bản... Ở nước ta, số lượng các công trình nghiên cứu về máy lạnh hấp thụ còn rất hạn chế, các máy lạnh hấp thụ được chế tạo chủ yếu với mục đích thí nghiệm, nghiên cứu chứ chưa có một đơn vị nào có khả năng chế tạo máy lạnh hấp thụ với mục đích thương mại. Đây là sự thua thiệt của chúng ta so với các nước.

Kết quả nghiên cứu của đề tài cộng với các công trình nghiên cứu khác của các nhà khoa học trong nước sẽ là nền tảng cho ngành chế tạo máy lạnh hấp thụ trong tương lai của nước ta, giúp Việt Nam theo kịp xu hướng phát triển của thế giới.

1.5 Tình hình nghiên cứu trong nước và trên thế giới

1.5.1 Tình hình nghiên cứu trong nước

Ở Việt Nam, đã có một số công trình nghiên cứu về máy lạnh hấp thụ như:

1. *Đề tài KH và CN cấp nhà nước “Nghiên cứu lựa chọn quy trình công nghệ, thiết kế, chế tạo một số thiết bị lạnh sử dụng nguồn năng lượng rẻ tiền tại địa phương để phục vụ sản xuất và đời sống” của PGS.TS Trần Thanh Kỳ, trường Đại học Bách Khoa TP.HCM.*

Với đề tài này, PGS.TS Trần Thanh Kỳ đã nghiên cứu và chế tạo thành công máy lạnh hấp thụ $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ dùng để sản xuất nước đá, sử dụng than cám (hoặc các phế phẩm khác như trấu, mùn cưa...) làm chất đốt hoạt động. Thiết bị thích hợp ứng dụng cho các vùng thiếu điện và có sẵn các nguồn chất đốt trên.

Máy này có thể sản xuất nước đá cây và nước đá viên với tốc độ nhanh chỉ với 4 giờ, trong khi với công nghệ cũ như hiện nay việc này kéo dài trong 20 giờ, giá thành sản xuất nước đá sẽ cũng rẻ hơn so với sử dụng điện.

Ưu điểm của hệ thống là tận dụng được nguồn chất đốt sẵn có để hoạt động, thời gian chi phí sản xuất nước đá ít. Tuy nhiên, hệ thống lại có nhược điểm là kích thước lớn, chi phí đầu tư ban đầu và chi phí bảo dưỡng lớn, hệ số làm lạnh thấp, việc đốt than cám tạo ra các khí độc... Đến nay, hệ thống này vẫn chưa được ứng dụng trong thực tế.

2. Công trình “Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thực nghiệm mẫu máy lạnh hấp phụ sử dụng năng lượng mặt trời với cặp môi chất là than hoạt tính và methanol” của tác giả Hoàng Dương Hùng, trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng và đồng tác giả Trần Ngọc Lâm, Sở Khoa học Công nghệ Quảng Trị.

Với công trình nghiên cứu này, hai tác giả Hoàng Dương Hùng và Trần Ngọc Lâm đã nghiên cứu chế tạo thành công máy lạnh hấp phụ dùng sản xuất nước đá hoạt động bằng năng lượng mặt trời.

Máy lạnh hấp phụ này có ưu điểm là kết cấu gọn nhẹ, hoạt động bằng năng lượng mặt trời nên gần như không tốn chi phí gì cho năng lượng hoạt động. Tuy nhiên, thiết bị lại có nhược điểm lớn là chỉ có thể làm lạnh gián đoạn, công suất nhỏ, chi phí cao, cũng chưa thể ứng dụng vào thực tế.

Ngoài ra, còn có một số công trình nghiên cứu về máy lạnh hấp thụ của các nhà khoa học khác trong nước.

1.5.2 Tình hình nghiên cứu trên thế giới

Trên thế giới, máy lạnh hấp thụ đã được nghiên cứu, chế tạo từ rất lâu, được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực.

Riêng máy điều hòa không khí kiểu hấp thụ, thiết bị này ngày nay được cải tiến rất nhiều về kích thước, hình dạng và hệ số làm lạnh. Trong thực tế, các máy điều hòa kiểu hấp thụ được chế tạo thường có năng suất lạnh từ 35kW trở lên. Ba nước sản xuất hàng đầu là Trung Quốc, Nhật và Hàn Quốc (chiếm 83% sản lượng toàn thế giới). Nguồn Internet máy lạnh hấp thụ các hãng lớn:



Hình 1.1: Máy lạnh hấp thụ của hãng Broad



Hình 1.2: Máy lạnh hấp thụ của hãng TRANE



Hình 1.3: Máy lạnh hấp thụ của hãng DAIKIN



Hình 1.4: Máy điều hòa hấp thụ của hãng McQuay



Hình 1.5: Máy điều hòa hấp thụ của hãng YORK

1.6 Các nội dung chính của đề tài

Đề tài bao gồm các nội dung chính sau:

- Phân tích kết cấu và nguyên lý hoạt động của các loại máy lạnh hấp thụ.
- Các nguồn năng lượng sử dụng máy lạnh hấp thụ.
- Đề xuất mô hình máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời phù hợp cho căn hộ cao cấp.
- Tính toán thiết kế sơ bộ máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ làm hệ thống điều hòa trung tâm cho căn hộ cao cấp.
- So sánh hiệu quả với việc sử dụng máy lạnh thông thường

1.7 Giới hạn của đề tài

Đề tài sẽ xây dựng phần cơ sở lý thuyết dùng để tính toán thiết kế sơ bộ máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời cho căn hộ cao cấp nhưng chưa đủ điều kiện chế tạo một hệ thống thật.

1.8 Bố cục của đề tài

Đề tài được chia thành 4 chương và các phần phụ lục:

- Chương 1: Giới thiệu tổng quan về đề tài.
- Chương 2: Giới thiệu về máy lạnh hấp thụ
- Chương 3: Tính toán thiết kế hệ thống lạnh hấp thụ cho căn hộ.
- Chương 4: So sánh hiệu quả của máy lạnh hấp thụ với máy lạnh dùng năng lượng điện.

Chương 2: GIỚI THIỆU MÁY LẠNH HẤP THỤ

2.1 Cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế máy lạnh hấp thụ

2.1.1 Giới thiệu chung về máy lạnh hấp thụ

Máy lạnh có vai trò vận chuyển nhiệt lượng từ môi trường cần làm lạnh (có nhiệt độ thấp) ra môi trường bên ngoài (có nhiệt độ cao). Về nguyên tắc, chiều chuyển động tự nhiên của dòng nhiệt là đi từ nơi có nhiệt độ cao đến nơi có nhiệt độ thấp. Muốn nhiệt lượng di chuyển theo chiều ngược lại từ nơi có nhiệt độ thấp đến nơi có nhiệt độ cao thì phải tiêu hao năng lượng. Ở máy lạnh nén hơi, dạng năng lượng tiêu hao là cơ năng, còn ở máy lạnh hấp thụ là nhiệt năng. Vậy, máy lạnh hấp thụ có thể được hiểu là loại máy lạnh sử dụng nhiệt năng để tạo ra hiệu quả làm lạnh. Cũng giống như máy lạnh nén hơi, quá trình hấp thụ nhiệt lượng từ môi trường cần làm lạnh trong máy lạnh hấp thụ được thực hiện nhờ vào sự sôi và hóa hơi của tác nhân lạnh.

Nhiệt năng cấp vào để hoạt động máy lạnh hấp thụ có thể được lấy từ hai loại nguồn nhiệt, nguồn nhiệt tốn chi phí (than, dầu D.O, gaz...) và nguồn nhiệt không tốn chi phí (năng lượng mặt trời, khí thải từ các động cơ diesel hay từ các lò nhiệt luyện, hơi nước thừa...). Có thể hoạt động với nguồn nhiệt không tốn chi phí là một trong những ưu điểm lớn của máy lạnh hấp thụ.

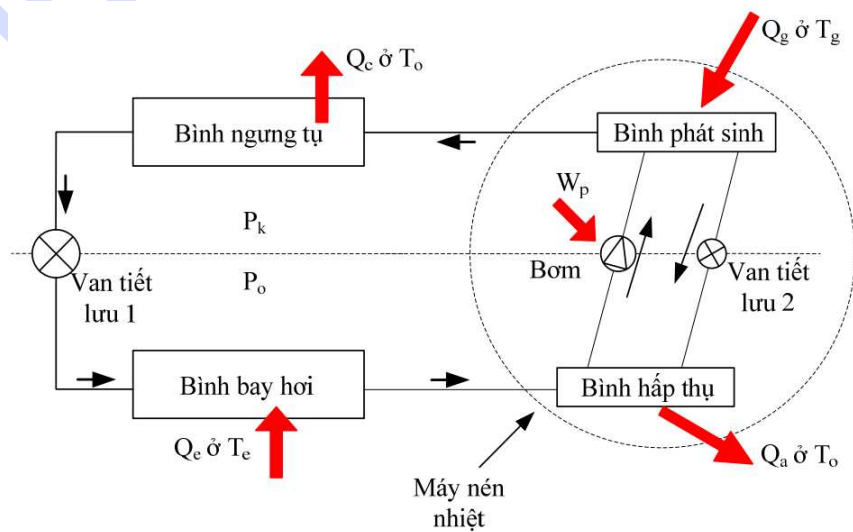
Thực tế cho thấy, việc sử dụng máy lạnh hấp thụ hoàn toàn không gây bất cứ vấn đề gì về môi trường. Hiện nay người ta dùng thuật ngữ thân thiện với môi trường (Environmental Friendly) để mô tả tính chất này. Các nhà nghiên cứu đã tìm thấy khá nhiều loại dung dịch có thể làm việc trong máy lạnh hấp thụ. Tuy nhiên về mặt thực tế các dung dịch $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O - LiBr}$ được sử dụng khá phổ biến. Điểm đặc trưng của máy lạnh hấp thụ sử dụng dung dịch $\text{H}_2\text{O - LiBr}$ là áp suất làm việc khá thấp vào khoảng 0.9% - 9% áp suất khí quyển. Như vậy trong quá trình vận hành, không thể nào xảy ra trường hợp chất làm việc trong máy lạnh hấp thụ rò rỉ ra ngoài. Ngược lại, có thể xảy ra trường hợp không khí từ môi trường bên ngoài thẩm thấu vào bên trong hệ thống. Hiện nay với các tiến bộ đáng kể về công nghệ chế tạo, vật liệu và kỹ thuật điều khiển, một số nhược điểm

của máy lạnh hấp thụ đã được khắc phục. Chính vì vậy theo nhiều nhà khoa học nhận định, thế kỉ 21 sẽ chứng kiến sự phát triển mạnh mẽ của máy lạnh hấp thụ đặc biệt trong kỹ thuật điều hòa không khí.

Tương tự như máy lạnh nén hơi, máy lạnh hấp thụ cũng đã được thương mại hóa từ rất lâu và được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực vào cả hai mục đích làm lạnh và điều hòa không khí.

2.1.2 Nguyên lý làm việc của máy lạnh hấp thụ

Công chất làm việc trong máy lạnh hấp thụ thường là một loại dung dịch hai thành phần, trong đó, một thành phần đóng vai trò tác nhân lạnh và thành phần còn lại đóng vai trò chất hấp thụ. Tại bình phát sinh, dung dịch cao áp giàu tác nhân lạnh nhận nhiệt lượng Q_g từ nguồn nóng, sôi và hơi tác nhân lạnh được sinh ra. Hơi tác nhân lạnh sinh ra từ bình phát sinh đi đến bình ngưng tụ, tại đây, nó nhả nhiệt lượng Q_c cho nước làm mát và ngưng tụ thành dạng lỏng. Sau khi ra khỏi bình ngưng tụ, tác nhân lạnh lỏng đi qua van tiết lưu 1 để giảm áp suất và chảy vào bình bay hơi. Tại bình bay hơi, tác nhân lạnh lỏng thấp áp nhận nhiệt lượng Q_e để hóa hơi và tạo ra tác dụng làm lạnh. Hơi tác nhân lạnh thấp áp sinh ra từ bình bay hơi đi vào bình hấp thụ và được hấp thụ bởi dung dịch nghèo tác nhân lạnh trở về từ bình phát sinh.



Hình 2.1: Sơ đồ nguyên lý máy lạnh hấp thụ

Dung dịch giàu tác nhân lạnh ở bình phát sinh sau khi nhận nhiệt lượng, sôi và hóa hơi trở thành dung dịch nghèo. Dung dịch nghèo này được dẫn qua van tiết lưu 2 để giảm áp suất và đi vào bình hấp thụ. Tại bình hấp thụ, dung dịch thấp áp nghèo tác nhân lạnh sẽ hấp thụ hơi tác nhân lạnh đến từ bình bay hơi và trở thành dung dịch giàu. Nhiệt lượng sinh ra của quá trình hấp thụ được truyền ra nguồn nhiệt bên ngoài. Dung dịch giàu tác nhân lạnh được bơm lên áp suất cao nhờ một bơm dung dịch và được cấp vào bình phát sinh, hoàn tất một chu trình làm lạnh.

Nếu như bỏ qua sự tụt áp thì máy lạnh hấp thụ hoạt động giữa áp suất của bình ngưng tụ và bình bay hơi. Áp suất trong bình hấp thụ bằng áp suất trong bình bay hơi và áp suất trong bình phát sinh bằng áp suất trong bình ngưng tụ.

Có thể thấy từ hình 2.1, máy lạnh hấp thụ cũng có các thiết bị như bình ngưng tụ, van tiết lưu và bình bay hơi giống như máy lạnh nén hơi. Tuy nhiên, điều khác biệt nằm ở cách mà tác nhân lạnh bị nén đến áp suất ngưng tụ. Trong máy lạnh nén hơi, hơi tác nhân lạnh được nén bởi một máy nén cơ, trong khi trong máy lạnh hấp thụ hơi tác nhân lạnh đầu tiên được chuyển sang dạng lỏng rồi mới được bơm đến áp suất ngưng tụ nhờ một bơm dung dịch. Đối với cùng một độ chênh áp, công yêu cầu để bơm chất lỏng (dung dịch) nhỏ hơn rất nhiều so với công yêu cầu để nén hơi do chất lỏng có thể tích riêng rất nhỏ, cơ năng yêu cầu để hoạt động máy lạnh hấp thụ nhỏ hơn rất nhiều so với dùng để hoạt động máy lạnh nén hơi. Tuy nhiên, máy lạnh hấp thụ yêu cầu một lượng lớn nhiệt năng để hóa hơi tác nhân lạnh từ dung dịch trong bình phát sinh. Vì thế, trong khi dạng năng lượng cấp vào đối với máy lạnh nén hơi là cơ năng thì đối với máy lạnh hấp thụ chủ yếu là nhiệt năng, cơ năng cấp cho bơm dung dịch là không đáng kể so với lượng nhiệt cấp vào bình phát sinh.

Để đánh giá hiệu quả làm việc của máy lạnh hấp thụ người ta sử dụng hệ số COP (*Coefficient of performance*). Hệ số COP được tính như sau:

$$\text{COP} = \frac{Q_e}{Q_g + W_p} \approx \frac{Q_e}{Q_g} \quad (2.00)$$

2.1.3 Công chất dùng trong máy lạnh hấp thụ

2.1.3.1 Các yêu cầu đối với công chất dùng trong máy lạnh hấp thụ

Trong máy lạnh hấp thụ, công chất có vai trò nhận và vận chuyển nhiệt lượng từ môi trường cần làm lạnh ra môi trường bên ngoài. Công chất làm việc trong máy lạnh hấp thụ phải là dung dịch được trộn lẫn từ hai chất thuần khiết khác nhau, hai chất này phải không tác dụng hóa học với nhau và phải có nhiệt độ sôi khá cách biệt nhau khi ở cùng áp suất. Trong dung dịch gồm hai thành phần này, một chất đóng vai trò tác nhân lạnh và chất còn lại đóng vai trò chất hấp thụ. Hiệu quả của máy lạnh hấp thụ phụ thuộc đáng kể vào loại dung dịch được sử dụng.

Các yêu cầu đối với dung dịch làm việc trong máy lạnh hấp thụ bao gồm:

- Tác nhân lạnh phải có tính hòa tan cao với dung dịch trong bình hấp thụ.
- Độ chênh lệch điểm sôi giữa tác nhân lạnh và chất hấp thụ phải lớn 200°C để chỉ có tác nhân lạnh sôi trong bình sinh hơi. Điều này đảm bảo chỉ có tác nhân lạnh tuần hoàn trong mạch “*bình ngưng tụ - van tiết lưu - bình bay hơi*”, và tạo ra quá trình trao đổi nhiệt đẳng nhiệt bên trong bình bay hơi và bình ngưng tụ.
- Nhiệt lượng sinh ra trong quá trình hấp thụ phải nhỏ để đạt được hệ số COP cao. Tuy nhiên, yêu cầu này mâu thuẫn với yêu cầu thứ nhất. Vì thế, trong thực tế, chỉ có thể lựa chọn một trong hai tính hòa tan hay mức độ phát nhiệt hấp thụ.
- Hỗn hợp tác nhân lạnh/chất hấp thụ phải có tính dẫn nhiệt cao và độ nhớt thấp.
- Không bị kết tinh hay hóa rắn bên trong máy lạnh.
- Phải có tính an toàn, ổn định về mặt hóa học, không ăn mòn, rẻ tiền và dễ kiếm.

2.1.3.2 Các loại công chất thông dụng

Có nhiều loại công chất đã được nghiên cứu và sử dụng trong các máy lạnh

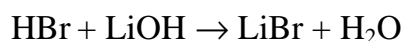
hấp thụ như các dung dịch: $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiCl}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiClO}_3\ldots$. Trong đó, $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ là hai loại dung dịch được sử dụng phổ biến nhất hiện nay.

Đối với dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$, NH_3 đóng vai trò là tác nhân lạnh và H_2O đóng vai trò là chất hấp thụ. Máy lạnh hấp thụ sử dụng dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ được ứng dụng vào mục đích làm lạnh do tác nhân lạnh NH_3 có nhiệt độ hóa hơi rất thấp.

Còn đối với dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$, H_2O đóng vai trò là tác nhân lạnh và muối LiBr đóng vai trò là chất hấp thụ. Máy lạnh hấp thụ sử dụng dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ được ứng dụng vào mục đích điều hòa không khí do tác nhân lạnh H_2O không thể làm việc ở nhiệt độ âm. Đây là loại máy lạnh hấp thụ mà đề tài tập trung nghiên cứu.

Ưu điểm chung của các dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ là không gặp các vấn đề về môi trường như phá hủy tầng ozone, làm gia tăng nhiệt độ của bầu khí quyển. Tính chất của muối LiBr khan và dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$:

- LiBr là loại muối kết tinh màu trắng, có vị đắng, độ pH trung tính, không cháy có tính chất hóa học tương tự như muối ăn, khá ổn định ở điều kiện bình thường, không biến chất, không phân giải trong không khí. Nhiệt độ nóng chảy của muối LiBr khan là 549°C , nhiệt độ sôi là 1265°C . Muối LiBr có tính hút nước rất mạnh, dễ dàng kết hợp với nước để tạo thành dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$. Khối lượng mol là 86.84
- Có thể tạo ra dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ bằng cách cho axit HBr phản ứng với bazơ LiOH :



- Dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ có tính hấp thụ nước rất mạnh. Dung dịch càng đậm đặc và nhiệt độ của dung dịch càng thấp thì tính hấp thụ nước càng mạnh.
- Dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ có vị mặn, không độc hại đối với con người. Tuy nhiên, do có tính hút nước rất mạnh, khi rơi vào da dung dịch sẽ gây cảm giác nóng,

ngứa và khi rơi vào mắt có thể gây hỏng mắt.

- Ở nhiệt độ thấp hay ở trạng thái có nồng độ cao ($\geq 70\%$), dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ rất dễ kết tinh.
- Ở nhiệt độ cao ($\geq 150^\circ\text{C}$) cộng với sự có mặt của không khí, dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ ăn mòn rất mạnh mẽ thép, đồng và các hợp kim của đồng. Thông thường, các chất phụ gia được thêm vào để chống khả năng ăn mòn kim loại của dung dịch.

2.1.4 Ưu nhược điểm của máy lạnh hấp thụ

Ưu điểm:

- Nguồn nhiệt cấp vào để hoạt động máy lạnh rất đa dạng, có thể sử dụng các nguồn nhiệt không mất tiền như: năng lượng mặt trời, khí thải từ các động cơ, hơi nước sau khi ra khỏi các phụ tải... Điều này giúp máy lạnh hấp thụ có chi phí vận hành thấp và có thể được áp dụng ở những nơi thiếu điện.
- Công chất làm việc trong máy lạnh không gây tác hại cho môi trường.
- Máy lạnh hấp thụ có rất ít chi tiết chuyển động, kết cấu chủ yếu là các thiết bị trao đổi nhiệt và trao đổi chất. Bộ phận chuyển động duy nhất trong máy lạnh là bơm dung dịch. Vì vậy, việc vận hành máy lạnh khá đơn giản, độ tin cậy cao, máy lạnh làm việc ít ồn và rung.
- Trong vòng tuần hoàn tác nhân lạnh, không xảy ra hiện tượng dầu bôi trơn bị cuốn theo tác nhân lạnh, bám lên các bề mặt trao đổi nhiệt làm tăng nhiệt trở của các bề mặt này như ở máy lạnh nén hơi.
- Không yêu cầu bảo dưỡng thường xuyên.
- Hệ số COP giảm không đáng kể theo tải.
- Sự có mặt của tác nhân lạnh lỏng tại cửa ra của bình bay hơi không gây bất kỳ hư hỏng nào.
- Hiệu quả làm việc không nhạy cảm với nhiệt độ bình bay hơi.

Nhược điểm:

- Máy lạnh hấp thụ có kích thước và khối lượng lớn hơn nhiều so với máy lạnh nén hơi ở cùng công suất.

- Chi phí đầu tư ban đầu cao hơn so với máy lạnh nén hơi.
- Hệ số làm lạnh thấp hơn nhiều so với máy lạnh nén hơi.
- Lượng tiêu hao nước làm mát, thời gian khởi động, tổn thất cho quá trình khởi động đều lớn hơn so với máy lạnh nén hơi.

➤ **Phân biệt máy lạnh hấp thụ với máy lạnh nén hơi bình thường**

Nội Dung	Máy Lạnh Nén Hơi	Máy Lạnh Hấp Thụ
- Năng lượng sử dụng	Cơ năng (Điện năng)	Nhiệt năng
- Ảnh hưởng đến môi trường	Tác hại xấu đến môi trường	Thân thiện với môi trường
- Tác nhân lạnh	CFC và HCFC	H ₂ O/LiBr, NH ₃ /H ₂ O...
- Hệ số COP	Cao	Thấp
- Chi phí đầu tư	Thấp	Cao
- Chi phí vận hành	Cao	Thấp
- Khối lượng	Nhỏ gọn	To, cồng kềnh

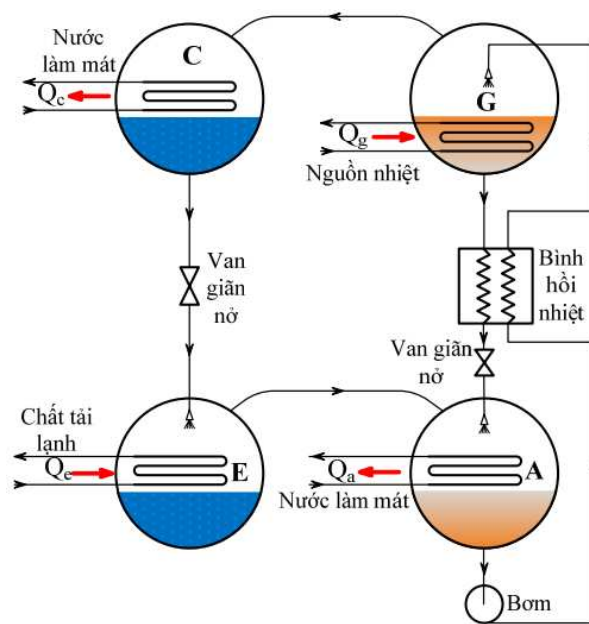
2.1.5 Phân loại máy lạnh hấp thụ H₂O/LiBr

2.1.5.1 Máy lạnh hấp thụ một cấp

2.1.5.1.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc

Dưới tác động của nguồn nhiệt cấp từ bên ngoài, dung dịch H₂O/LiBr trong bình phát sinh G sẽ sôi và bay hơi. Ở điều kiện áp suất như nhau, do nước có nhiệt độ sôi thấp hơn rất nhiều so với muối litibromua nên chỉ có hơi nước bay ra từ bình phát sinh, hơi nước này ở trạng thái hơi quá nhiệt. Tại bình ngưng tụ C, hơi nước quá nhiệt đến từ bình phát sinh sẽ nhả nhiệt cho nước làm mát để trở thành trạng thái lỏng sôi. Nước ở trạng thái lỏng sôi sẽ được đưa qua cơ cấu giảm áp (van giãn nở) để đi vào bình bay hơi E ở trạng thái hơi bão hòa ẩm, tương ứng, áp suất của hơi nước giảm từ P_k trong bình phát sinh và bình ngưng tụ đến P_0

trong bình bay hơi và bình hấp thụ (P_k và P_0 đều nhỏ hơn rất nhiều so với áp suất khí quyển). Tại bình bay hơi, hơi nước ở trạng thái hơi bão hòa ẩm nhận nhiệt lượng từ chất tải lạnh để sôi và bay hơi. Khi ra khỏi bình bay hơi, trạng thái của hơi nước được xem là hơi bão hòa khô và hơi nước được tiếp tục cho đi qua bình hấp thụ A. Tại đây, hơi nước được hấp thụ bởi dung dịch đậm đặc trở về từ bình phát sinh.



Hình 2.2: Máy lạnh hấp thụ một cấp

Do quá trình hấp thụ phát sinh nhiệt lượng cho nên cần phải giải nhiệt cho bình hấp thụ. Từ bình hấp thụ, dung dịch loãng được bơm dung dịch đưa qua bình hồi nhiệt và trở lại bình phát sinh. Tại bình hồi nhiệt, dung dịch loãng sẽ nhận nhiệt lượng từ dung dịch đậm đặc trở về từ bình phát sinh. Điều này giúp giảm bớt lượng nước làm mát tiêu hao tại bình hấp thụ và lượng nhiệt tiêu hao tại bình phát sinh. Dung dịch đậm đặc (do nước đã hóa hơi và tách ra khỏi dung dịch) từ bình phát sinh sau khi qua bình hồi nhiệt được dẫn qua cơ cấu giảm áp để giảm áp suất từ P_k xuống P_0 trước khi đi vào bình hấp thụ.

2.1.5.1.2 Đặc điểm

Máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ một cấp không nên được cấp nhiệt bằng những nguồn nhiệt có nhiệt độ cao vì máy lạnh loại này không có khả năng khai thác

hiệu quả exergy của nguồn nhiệt này, nhiệt độ nguồn nhiệt cấp tốt nhất vào khoảng $100^{\circ}\text{C} \div 110^{\circ}\text{C}$. Thông thường, nước nóng, hơi nước áp suất thấp hay năng lượng mặt trời được chọn làm nguồn nhiệt cấp cho máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ một cấp.

Giá trị của hệ số COP nằm trong khoảng từ $0,6 \div 0,75$.

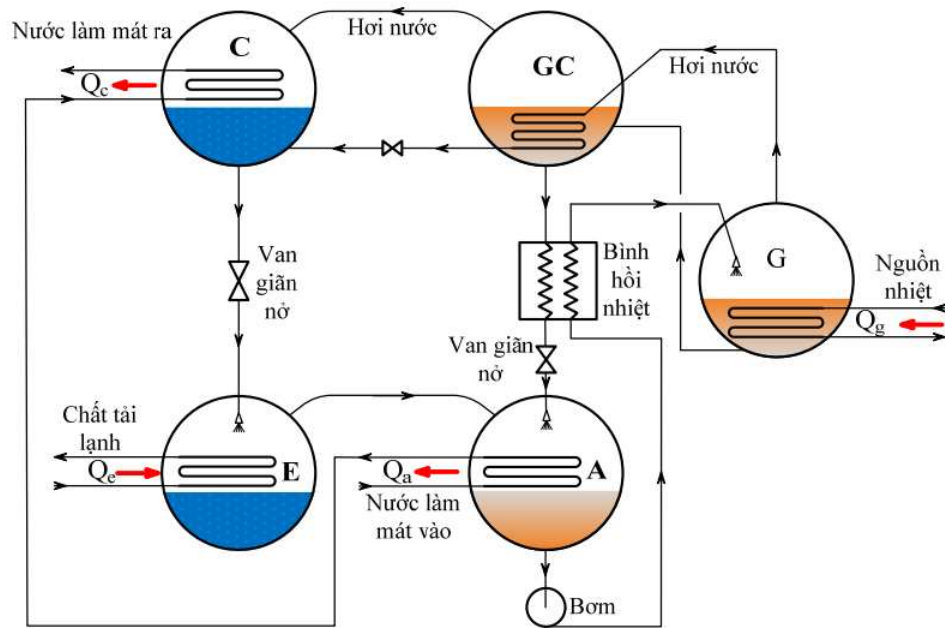
Về mặt tên gọi, sở dĩ máy lạnh loại này được gọi là máy lạnh một cấp là vì ứng với mỗi chu trình, chỉ có một lần diễn ra quá trình phát sinh và một lần diễn ra quá trình ngưng tụ tác nhân lạnh.

2.1.5.2 Máy lạnh hấp thụ hai cấp

2.1.5.2.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc

Máy lạnh loại này có kết cấu tương tự loại máy lạnh một cấp nhưng có thêm bình phát sinh/ngưng tụ GC. Về cấu tạo, bình GC bao gồm một vỏ bình chứa dung dịch để làm nhiệm vụ phát sinh bổ sung tác nhân lạnh, bên trong có bố trí bộ trao đổi nhiệt để làm ngưng tụ lượng hơi tác nhân lạnh đến từ bình phát sinh G.

Khi cấp nhiệt vào bình phát sinh G, một lượng hơi nước ở trạng thái quá nhiệt sẽ được sinh ra và bay đến bộ trao đổi nhiệt đặt trong bình GC. Do có một lượng hơi nước bay ra, nồng độ dung dịch rời bình phát sinh G để đi vào phần vỏ của bình GC lớn hơn nồng độ dung dịch đi vào bình G từ bình hấp thụ A. Khi đi vào bộ trao đổi nhiệt đặt trong bình GC, lượng hơi nước đến từ bình phát sinh G sẽ nhả nhiệt và ngưng tụ lại. Lượng nhiệt này được sử dụng để làm nóng dung dịch trong bình GC và có một lượng hơi nước khác bay ra từ bình GC để đến bình ngưng tụ C. Tại bình ngưng tụ C, lượng hơi nước bổ sung phát sinh từ bình GC sẽ nhả nhiệt lượng cho nước làm mát để ngưng tụ lại. Lượng nước ngưng này sẽ hòa trộn với lượng nước ngưng (nói chính xác hơn là hơi bão hòa ẩm có độ khô khá nhỏ) đến từ bình GC để sau đó đi qua cơ cấu giảm áp rồi đi vào bình bay hơi E. Ở bình bay hơi E và bình hấp thụ A, các quá trình diễn ra giống như mô tả đối với trường hợp máy lạnh hấp thụ một cấp.



Hình 2.3: Máy lạnh hấp thụ hai cấp

Dung dịch có nồng độ cao trong bình phát sinh G (do nước hóa hơi và tách khỏi dung dịch) được dẫn vào bình GC. Tại đây, dung dịch tiếp tục nhận nhiệt lượng từ quá trình ngưng tụ của hơi nước bên trong bộ trao đổi nhiệt, vì thế, thêm một lượng hơi nước nữa được sinh ra trong bình GC. Sau khi nước hóa hơi và tách ra, dung dịch còn lại trong bình GC có nồng độ rất cao, dung dịch này được dẫn qua bình hồi nhiệt để truyền nhiệt cho dung dịch loãng đến từ bình hấp thụ. Sau đó, dung dịch đậm đặc này được dẫn qua cơ cấu giảm áp để giảm áp suất trước khi đi vào bình hấp thụ A.

2.1.5.2.2 Đặc điểm

Nồng độ của dung dịch trong bình phát sinh G thấp hơn nồng độ dung dịch trong bình GC và nhiệt độ làm việc trong bình GC thấp hơn nhiệt độ làm việc trong bình phát sinh G, do đó, áp suất làm việc trong bình GC cũng phải thấp hơn áp suất làm việc trong bình G để đảm bảo dung dịch trong bình GC có thể sôi và bay hơi được.

Trong bình GC cùng lúc diễn ra hai quá trình phát sinh và ngưng tụ, nghĩa là có thể có thêm một lượng hơi nước bay ra từ bình GC mà không phải tốn

thêm một lượng nhiệt nào từ bên ngoài.

Cách bố trí đường nước làm mát nối tiếp giữa bình hấp thụ A với bình ngưng tụ C tiết kiệm đáng kể lượng nước làm mát. Điều này góp phần làm tăng hiệu quả sử dụng năng lượng của máy lạnh hấp thụ hai cấp.

Về kết cấu, máy lạnh hai cấp phức tạp hơn loại một cấp. Nhưng chính sự khác biệt về kết cấu và nguyên lý làm việc giúp máy lạnh hấp thụ hai cấp có thể khai thác hiệu quả exergy của các nguồn nhiệt có nhiệt thế cao như khí đốt, khí thải từ các nhà máy luyện kim... Hệ số COP của máy lạnh hấp thụ hai cấp có thể đạt từ 1 ÷ 1,3.

Về mặt tên gọi, sở dĩ máy lạnh loại này được gọi là máy lạnh hai cấp là vì ứng với mỗi chu trình, có hai quá trình phát sinh và hai quá trình ngưng tụ tác nhân lạnh diễn ra.

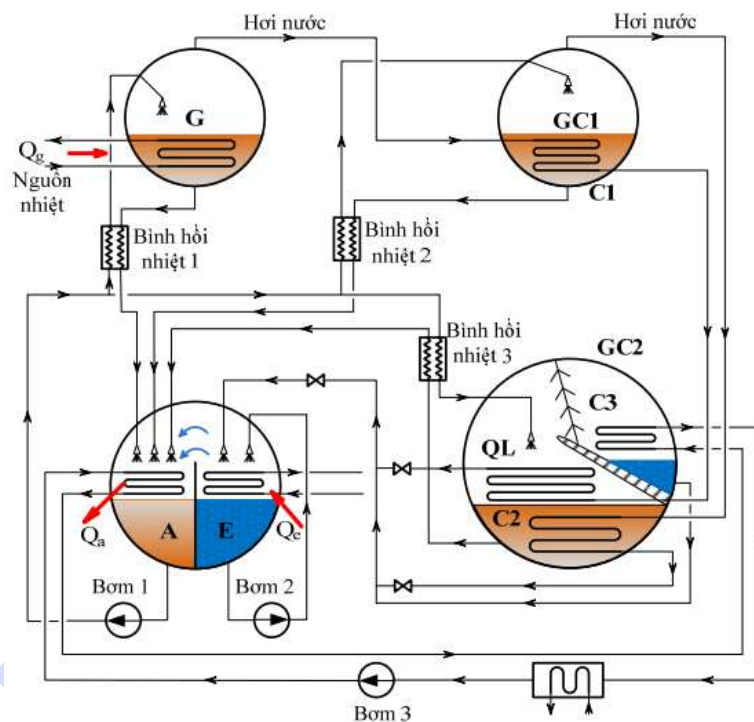
2.1.5.3 Máy lạnh hấp thụ ba cấp

2.1.5.3.1 Sơ đồ và nguyên lý làm việc

Dưới tác động của nguồn nhiệt cấp từ bên ngoài, dung dịch trong bình phát sinh G sôi và một lượng hơi nước được sinh ra. Lượng hơi nước này được đưa đến bình phát sinh/ngưng tụ GC1. Tại bình GC1, ẩn nhiệt ngưng tụ do lượng hơi nước này tỏa ra được dùng để làm sôi dung dịch đang chứa trong bình GC1, do đó, có thêm một lượng hơi nước được sinh ra từ bình GC1. Lượng hơi nước bay ra từ bình GC1 được dẫn đến bình phát sinh/ngưng tụ GC2. Tại bình GC2, lượng hơi nước này được cho qua bộ ngưng tụ C2, nhiệt lượng tỏa ra do sự ngưng tụ của lượng hơi nước này tiếp tục được dùng để làm sôi dung dịch trong bình phát sinh/ngưng tụ GC2 và từ đó lại có thêm một lượng hơi nước nữa được sinh ra.

Lượng nước ngưng đến từ bộ ngưng tụ C1 đặt trong bình GC1 lại tiếp tục được làm mát khi đi qua bộ quá lạnh QL đặt trong bình GC2, điều này thực hiện được vì nhiệt độ của lượng nước ngưng đó vẫn còn khá cao. Trong trường hợp này, nhiệt lượng tỏa ra cho bộ quá lạnh QL cũng góp một phần vào việc làm phát sinh hơi nước trong bình GC2. Lượng hơi nước bay ra từ bình GC2 (do

nhận nhiệt lượng từ bộ ngưng tụ C2 và từ bộ quá lạnh QL) được cho qua bộ ngưng tụ C3 (lắp ở đầu ra của bình GC2) để thực hiện quá trình ngưng tụ. Ở bộ ngưng tụ C3, tác nhân giải nhiệt là lượng nước làm mát sau khi đi qua bình hấp thụ A, đây là cách giải nhiệt theo kiểu nối tiếp. Tất cả nước ngưng thu hồi được từ các bình GC1 và GC2 đều được gom chung lại đưa vào bình bay hơi E để nhận nhiệt lượng từ chất tải lạnh.



Hình 2.4: Máy lạnh hấp thụ ba cấp

Dung dịch có nồng độ cao đi ra từ các bình G, GC1, GC2 đều được đưa trở về bình hấp thụ A để hấp thụ hơi nước đến từ bình bay hơi E. Dung dịch loãng đi ra từ bình hấp thụ A được bơm dung dịch phân phối đến các bình G, GC1, GC2 để tiếp tục thực hiện chu trình.

2.1.5.3.2 Đặc điểm

Ở các bình GC1 và GC2, hầu như tất cả nhiệt lượng tỏa ra từ quá trình ngưng tụ và quá lạnh tác nhân lạnh đều được tận dụng để làm sôi dung dịch và phát sinh hơi nước, chỉ có một ít lượng nhiệt được thải ra ngoài môi trường thông qua nước làm mát, đó là lượng nhiệt tỏa ra tại bình ngưng tụ C3. Chính nhờ

điều này mà hệ số COP của máy lạnh được nâng lên khá cao.

Về mặt tên gọi, sở dĩ máy lạnh loại này được gọi là máy lạnh hấp thụ ba cấp là vì ứng với mỗi chu trình, có ba quá trình phát sinh và ba quá trình ngưng tụ tác nhân lạnh diễn ra.

Xét về khả năng tận dụng exergy của nguồn nhiệt có nhiệt thế cao, máy lạnh hấp thụ ba cấp hơn hẳn so với máy lạnh hấp thụ một cấp và hai cấp nên nó có hệ số COP cao nhất.

Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy, hệ số COP của máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ ba cấp có thể đạt từ $1,3 \div 1,7$. Nhưng để đạt được điều này, cần thực hiện các biện pháp kỹ thuật để gia tăng giá trị COP, chính việc này làm tăng tính phức tạp về kết cấu của máy lạnh hấp thụ loại này. Bên cạnh đó, do có nhiệt độ làm việc cao nên vật liệu chế tạo máy lạnh phải tốt để tránh bị ăn mòn bởi dung dịch. Vì những lý do này, máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ ba cấp cho đến nay vẫn chưa được sử dụng phổ biến trong thực tế.

2.1.5.4 Các loại máy lạnh khác

Ngoài ba loại máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ đã nêu còn những loại máy lạnh hấp thụ khác như: máy lạnh hấp thụ loại “*nửa hiệu lực*” (Half Effect), loại “*tái hấp thụ*” (Resorption)...Các loại máy lạnh này vẫn còn đang được nghiên cứu phát triển, chưa được ứng dụng phổ biến trong thực tế.

2.1.6 Nguồn nhiệt dùng cho máy lạnh hấp thụ

Nguồn nhiệt sử dụng cho máy lạnh hấp thụ rất đa dạng như nhiệt lượng sinh ra từ quá trình đốt cháy nhiên liệu sử dụng trực tiếp cho máy lạnh hấp thụ, năng lượng mặt trời và các nguồn nhiệt thải. Như đã nói, tương ứng với mỗi loại máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ có một loại nguồn nhiệt phù hợp cho nó. Trong các loại nguồn nhiệt trên, chúng ta đặc biệt chú ý đến nguồn nhiệt thải và năng lượng mặt trời. Nhiệt thải là phần nhiệt lượng không được chuyển hóa thành công hay một dạng năng lượng có ích khác mà được thải ra môi trường như: khí xả từ các động cơ đốt trong hay tuabin khí, khí thải từ các lò luyện kim, hơi nước ra khỏi

các tuabin hơi... Với sự tiến bộ trong kỹ thuật và công nghệ hiện tại, lượng nhiệt lượng thải bỏ này ngày càng được hạn chế. Nhưng mỗi ngày, vẫn có một lượng rất lớn nhiệt lượng được thải một cách lãng phí vào môi trường trong hoạt động sản xuất của con người. Đối với nguồn năng lượng mặt trời chúng ta có thể sử dụng mà không tốn một chi phí nào đồng thời không gây nhiễm môi trường. Đây là mục đích mà nhiều nhà khoa học, nhà nghiên cứu hướng tới.

Mặt trời là quả cầu lửa khổng lồ với đường kính trung bình là 1,36 triệu km và ở cách trái đất 150 triệu km. Theo các số liệu hiện có, nhiệt độ bề mặt của mặt trời vào khoảng 6000K, trong khi đó nhiệt độ ở vùng trung tâm của mặt trời rất lớn, vào khoảng $8 \cdot 10^6$ K đến $40 \cdot 10^6$ K. Mặt trời được xem là lò phản ứng nhiệt hạch hoạt động liên tục. Do luôn luôn bức xạ năng lượng và vũ trụ cho nên khối lượng của mặt trời sẽ giảm dần. Điều này dẫn đến kết quả là: về mặt lý luận, đến một ngày nào đó mặt trời sẽ thôi không tồn tại nữa. Tuy nhiên do khối lượng của mặt trời vô cùng lớn, vào khoảng $1,991 \cdot 10^{30}$ kg, cho nên thời gian để mặt trời tồn tại vô cùng lớn. Bên cạnh sự biến đổi nhiệt độ rất đáng kể theo hướng kính, một điểm đặc biệt khác của mặt trời là sự phân bố khối lượng rất không đồng đều. Ví dụ: khối lượng riêng ở vị trí gần tâm mặt trời vào khoảng 100g/cm^3 trong khi đó khối lượng riêng trung bình của mặt trời chỉ khoảng $1,41 \text{g/cm}^3$

Gọi R là bán kính của mặt trời, khi đi từ tâm của mặt trời trở ra ta có các số liệu sau:

- ✓ Có khoảng 90% tổng lượng năng lượng mặt trời phát xuất trong vùng từ tâm đến vùng có bán kính $0,23R$ mặc dù khối lượng và thể tích của vùng này chỉ chiếm tương ứng khoảng 40% và 15% so với khối lượng và thể tích toàn bộ. Áp suất ở vùng trung tâm khoảng 10^9 atm.
- ✓ Nhiệt độ và khối lượng riêng của mặt trời ở vùng có bán kính $0,7R$ là 130.000K và $0,07 \text{g/cm}^3$ năng lượng phát xuất từ vùng gần tâm truyền đến vùng này dưới dạng tia X và tia γ . Người ta gọi vùng có bán kính từ $0,23R$ đến $0,7R$ là lớp vỏ phóng xạ.
- ✓ Trong vùng có bán kính từ $0,7R$ đến R sẽ bắt đầu diễn ra quá trình đối lưu,

người ta gọi vùng này là vùng đối lưu. Do hiện tượng đối lưu, nếu quan sát mặt trời từ trái đất, có thể ta sẽ thấy trong mặt trời có một số vết đen. Chính hiện tượng này nên người ta gọi vùng đối lưu là lớp vỏ đối lưu có vết đen. Ở vị trí có bán kính R, nhiệt độ mặt trời chỉ còn khoảng 6000K với khối lượng riêng là 10^{-8} g/cm^3 .

✓ Phía trên vùng đối lưu là vùng quyển sáng, đây là vùng chứa các chất khí bị ion hóa, là vùng phát ra năng lượng và các tia sáng. Đặc điểm của vùng này là mờ đục không trong suốt. Kế tiếp với vùng quyển sáng là lớp đảo chiều chứa các chất khí với nhiệt độ nhỏ hơn bề dày khoảng vài trăm km.

✓ Nối tiếp với lớp đảo chiều là vùng quyển sắc, bề dày của vùng này từ khoảng 10000km đến 12000km, các chất khí chứa trong vùng này có tính trong suốt và mật độ các chất khí trở nên khá loãng. Nhiệt độ trung bình của vùng quyển sắc ở cận ranh giới với lớp đảo chiều khoảng 45000k đến 5000k, trong khi đó - ở ranh giới còn lại của vùng quyển sắc - nhiệt độ có thể tăng đến 10^6 K do có sự biến đổi đột biến của các tia bức xạ

✓ Phía ngoài cùng của vùng quyển sắc là quang sáng có màu trắng chói. Vùng này chứa các chất bị ion hóa ở mật độ cực kì loãng. Nhiệt độ của cùng này vào khoảng 10^6 K .

✓ Các kết quả nghiên cứu cho thấy, khoảng cách từ mặt trời đến trái đất không hoàn toàn ổn định mà dao động trong khoảng $\pm 1.7\%$ xoay quanh giá trị trung bình đã trình bày ở trên. Trong kỹ thuật năng lượng mặt trời, người ta rất chú ý đến khái niệm hằng số mặt trời. Về mặt định nghĩa hằng số được hiểu là lượng bức xạ mặt trời nhận được trên một bề mặt có diện tích 1m^2 đặt bên ngoài bầu khí quyển và thẳng góc với tia tới, tùy theo nguồn tài liệu mà hằng số mặt trời sẽ có một giá trị cụ thể nào đó, các giá trị này có thể khác nhau, tuy nhiên sự sai khác không nhiều. Thường người ta lấy giá trị của hằng số mặt trời là 1353W/m^2

2.1.7 Lựa chọn máy lạnh hấp thụ phù hợp cho căn hộ

❖ Lựa chọn máy lạnh hấp thụ một cấp là tối ưu:

Máy lạnh hấp thụ ba cấp chỉ hoạt động hiệu quả với nguồn nhiệt loại nhiệt

thể cao nên không phù hợp áp dụng cho căn hộ sử dụng năng lượng mặt trời. Vậy, sự lựa chọn loại máy lạnh phù hợp cho căn hộ được giới hạn lại ở hai loại, một cấp và hai cấp.

Các cơ sở để lựa chọn bao gồm:

- *Hệ số COP*: hệ số COP là một trong những chỉ tiêu dùng để đánh giá hiệu quả làm việc của máy lạnh. Về nguyên tắc, hệ số COP của máy lạnh càng cao càng tốt. Đối với máy lạnh hấp thụ, giá trị của hệ số COP phụ thuộc vào từng loại. Máy lạnh hấp thụ loại một cấp có hệ số COP nằm trong khoảng từ $0,6 \div 0,75$, loại hai cấp có hệ số COP nằm trong khoảng từ $1 \div 1,3$. Tuy nhiên, hệ số COP phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ nguồn nhiệt hoạt động.
- *Công suất*: máy lạnh hấp thụ một cấp có thể đạt được công suất tối đa là 1635 kW, máy lạnh hấp thụ hai cấp có công suất tối đa lên đến 5275 kW. Công suất của máy lạnh hấp thụ một cấp có thể thỏa mãn nhu cầu của căn hộ cao cấp.
- *Chi phí đầu tư ban đầu*: máy lạnh hấp thụ có càng nhiều cấp thì có kết cấu càng phức tạp, đòi hỏi vật liệu chế tạo phải càng tốt nên chi phí đầu tư ban đầu và chi phí bảo trì, bảo dưỡng càng lớn.
- *Phương thức sử dụng nguồn năng lượng mặt trời*: Sử dụng trực tiếp nguồn năng lượng từ mặt trời. Máy lạnh hấp thụ một cấp làm việc hiệu quả với hơi nước có áp suất từ 70 kPa ÷ 140 kPa hay nước nóng có nhiệt độ từ $77^{\circ}\text{C} \div 130^{\circ}\text{C}$, máy lạnh hấp thụ hai cấp hoạt động hiệu quả với hơi nước có áp suất từ 410 kPa ÷ 960 kPa hay nước nóng có nhiệt độ từ $150^{\circ}\text{C} \div 190^{\circ}\text{C}$.

Do đó, máy lạnh hấp thụ một cấp với phương thức sử dụng nhiệt trực tiếp từ mặt trời là lựa chọn tốt nhất cho căn hộ.

❖ **Lựa chọn máy lạnh hấp thụ dùng dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ là tối ưu.**

- Có nhiều loại công chất đã được nghiên cứu và sử dụng trong các máy lạnh hấp thụ như các dung dịch: $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiCl}$, $\text{H}_2\text{O}/\text{LiClO}_3$... Trong đó, $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ là hai loại dung dịch được sử dụng phổ biến nhất hiện nay
- Ưu điểm chung của các dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ và $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ là không gặp các

vấn đề về môi trường như phá hủy tầng ozone, làm gia tăng nhiệt độ của bầu khí quyển.

- Tuy nhiên dung dịch $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ có mùi khai, dễ bay hơi ra môi trường xung quanh, trường hợp hít nhiều có thể gây ngộ độc cấp. Còn LiBr là loại muối kết tinh màu trắng, có vị đắng, độ pH trung tính, không cháy có tính chất hóa học tương tự như muối ăn, khá ổn định ở điều kiện bình thường, không biến chất, không phân giải trong không khí. Nhiệt độ nóng chảy của muối LiBr khan là 549°C , nhiệt độ sôi là 1265°C . Muối LiBr có tính hút nước rất mạnh, dễ dàng kết hợp với nước để tạo thành dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$. Khối lượng mol là 86.84

2.2 Tính toán thiết kế máy lạnh hấp thụ $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ một cấp

2.2.1 Lựa chọn mô hình máy lạnh cho căn hộ cao cấp.

Do độ chân không bên trong máy lạnh hấp thụ rất cao nên cần thiết phải hạn chế khả năng xâm nhập của không khí vào bên trong. Đồng thời, cũng cần phải tránh sự sụt giảm áp suất của hơi tác nhân lạnh do ma sát khi chúng di chuyển, đặc biệt là từ bình phát sinh đến bình ngưng tụ. Vì hai lý do này, trong thiết kế, số lượng các bích nối, van, các mối liên kết và số lượng các ống nối trong máy lạnh hấp thụ luôn được giảm đến mức tối thiểu.

Một vấn đề khác cũng cần chú ý là khả năng kết tinh của dung dịch $\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$. Đối với dung dịch $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ có thể hòa trộn NH_3 và H_2O ở bất kỳ tỷ lệ nào nhưng cần thận trọng hơn với $\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$, tùy theo nhiệt độ và nồng độ có lúc tạo nên hỗn hợp đồng thể có lúc dị thể.

Bên cạnh hai vấn đề cơ bản đã nêu ở trên, cần phải chú ý đến khả năng ăn mòn của dung dịch $\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$ đối với một số vật liệu thường được dùng để chế tạo máy lạnh hấp thụ, đặc biệt khi nhiệt độ làm việc vượt quá 170°C . Ngoài ra với mục đích làm tăng khả năng trao đổi nhiệt và trao đổi chất, hầu hết các nhà sản xuất đều trộn thêm các chất phụ gia vào trong dung dịch $\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$.

Nhằm tăng cường sự lưu thông của tác nhân lạnh và dung dịch, nâng cao hiệu quả trao đổi nhiệt, máy lạnh hấp thụ cần được trang bị một bơm li tâm loại ba tầng cánh hoạt động song song mà mỗi tầng cánh làm việc với một loại công

chất. Bơm có kết cấu kín hoàn toàn và được làm mát bằng tác nhân lạnh lỏng (nước) từ bình bay hơi.

Về kết cấu, bình phát sinh là các Collector được kết nối thành 1 hệ thống, bình ngưng tụ, bình bay hơi, bình hấp thụ đều là thiết bị trao đổi nhiệt dạng chùm ống thẳng (ống thép trơn). Kết cấu này đơn giản, chắc chắn và tạo sự thuận lợi trong việc lắp đặt, bảo dưỡng:

- *Bình phát sinh*: Là các đường ống Collector được kết nối thành 1 hệ thống nhận nhiệt lượng từ mặt trời làm bốc hơi nước trong dung dịch $H_2O/LiBr$.

Collector mặt trời là loại thiết bị thu nhận năng lượng mặt trời, trong trường hợp này được dùng để cấp nhiệt cho máy lạnh hấp thụ năng lượng mặt trời. Nói chung trong thực tế có nhiều loại collector mặt trời tuy nhiên, có thể xem các collector dạng tấm phẳng (Flat Plate Solar collector) và collector dạng tập trung là 2 loại điển hình. Về nguyên tắc, nếu bề mặt thu nhận năng lượng mặt trời của các collector có thể di chuyển cùng với sự di chuyển của mặt trời thì khả năng thu nhận năng lượng mặt trời của các collector sẽ tốt hơn. Tuy nhiên do đây là vấn đề kinh tế - cho nên không phải ở bất kỳ loại collector người ta cũng áp dụng phương án này. Thông thường collector dạng tấm phẳng được bố trí theo kiểu cố định. Trong khi đó collector dạng tập trung được cho quay theo sự chuyển động mặt trời. Trong số các biến thể collector dạng tấm phẳng, người ta đặc biệt chú ý đến dạng collector đã được rút chân không. Các nghiên cứu ứng dụng trong những năm gần đây cho thấy, trong tương lai, khi đã giải quyết tốt các vấn đề bất lợi về giá thành, chính đây sẽ là loại collector được phổ biến để cấp nhiệt cho các máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời dùng trong điều hòa không khí.

Collector dạng ống đã rút chân không: Đây là một biến thể của collector dạng tấm phẳng. Như đã trình bày ở trên, giá thành của collector dạng ống đã rút chân không khá đắt, tuy nhiên hiệu quả của collector loại này rất cao, cao hơn rất nhiều loại collector loại tấm phẳng thông thường khác. Đặc biệt có thể dùng collector dạng ống đã rút chân không ở những vùng ít nắng hoặc có nhiệt độ ngoài trời khá thấp. Có thể nói hiệu quả của collector hầu như không phụ thuộc

vào nhiệt độ cũng như tốc độ gió ở môi trường xung quanh. Trong những năm gần đây, các nhà nghiên cứu có xu hướng sử dụng các loại collector này để cấp nhiệt cho các loại máy lạnh hấp thụ dùng trong điều hòa không khí. Tất cả đều cấu tạo từ nhiều ống chân không ghép song song đặt trên cùng một tấm phẳng nằm nghiêng, góc nghiêng của tấm phẳng về cơ bản phụ thuộc và nơi lắp đặt. Do tiết diện của mỗi ống đều có dạng tròn nên khả năng nhận bức xạ mặt trời của collector loại này tốt hơn rất nhiều so với collector dạng tấm phẳng thông thường khác, điều này có nghĩa là – vào bất cứ lúc nào – các tia bức xạ mặt trời cũng có thể đến thẳng góc với bề mặt bên ngoài của các ống. Để tăng cường khả năng trao đổi nhiệt giữa ống chân không và ống nhiệt và tạo cơ cấu đỡ ống nhiệt, người ta bố trí giữa ống chân không và ống nhiệt một dạng cánh nhôm, tùy vào loại ứng dụng mà người ta sẽ chọn áp xuất và chất làm việc thích hợp bên trong ống nhiệt. Nói chung, khả năng dẫn nhiệt của ống nhiệt lớn hơn khoảng vài ngàn lần đến vài chục ngàn lần so với khả năng dẫn nhiệt của bạc. Dù kết cấu thuộc loại nào, một trong những lo ngại cơ bản của collector dạng ống đã rút chân không là không còn khả năng, không còn duy trì ở độ chân không như giá trị quy định lúc ban đầu. Để giải quyết phần nào mối lo ngại này, người ta thường bố trí ở đáy ống chân không một lớp *Barium*, lớp *Barium* này có khả năng hấp thụ các chất khí phát sinh trong quá trình vận hành như CO, CO₂, N₂, O₂, H₂O và H₂. Ngoài ra, lớp *Barium* này còn được xem như dụng cụ chỉ thị độ chân không trong ống, khi lớp này chuyển sang màu đục thì ta hiểu độ chân không trong ống đã bị biến đổi.

- *Bình ngưng tụ*: Nước làm mát được bố trí chảy bên trong chùm ống để nhận nhiệt lượng của hơi nước bên ngoài sau đó sẽ sử dụng cho sinh hoạt (nước ấm). Hơi nước ngưng tụ thành dạng lỏng và rơi xuống khay chứa phía dưới. Nước ngưng tụ này sau đó được tiếp tục giải nhiệt tự nhiên bằng không khí bởi môi trường xung quanh trước khi vào bình chứa. Khi cần sử dụng hệ thống van tự động mở cho nước đi qua cơ cấu tiết lưu, giảm áp suất và xối lên chùm ống của bình bay hơi.

- *Bình bay hơi*: Chất tải lạnh (nước) được bố trí chảy bên trong chùm ống và

nhả nhiệt cho nước (tác nhân lạnh) bên ngoài. Nước bên ngoài chùm ống nhận nhiệt lượng, hóa hơi và di chuyển xuống bình hấp thụ. Lượng nước đi qua chùm ống mà không kịp hóa hơi sẽ rơi xuống khay chứa phía dưới, thông qua bơm, được xối trở lại chùm ống.

- *Bình hấp thụ*: Nước làm mát được bố trí chảy trong chùm ống và nhận nhiệt lượng từ dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ bên ngoài. Chùm ống không được nhúng ngập trong dung dịch, thay vào đó, dung dịch từ khay chứa phía dưới được bơm hút và xối lên chùm ống đồng thời hấp thụ hơi nước đến từ bình bay hơi.

- *Bình hồi nhiệt*: Là thiết bị được bố trí riêng biệt với bốn thiết bị còn lại. Về kết cấu, bình hồi nhiệt có thể là kiểu ống vỏ nằm ngang hay kiểu ống lồng ngược dòng. Do có độ nhớt cao hơn, dung dịch đậm đặc đến từ bình phát sinh được bố trí chảy bên ngoài chùm ống. Dung dịch loãng chảy bên trong chùm ống và nhận nhiệt lượng từ dung dịch đậm đặc bên ngoài. Bình hồi nhiệt giúp giảm lượng nhiệt cấp vào bình phát sinh và lượng nước làm mát cấp vào bình hấp thụ nên làm giảm chi phí cho năng lượng vận hành.

- Như đã trình bày, phương thức cấp nhiệt tối ưu cho máy lạnh hấp thụ là phương thức cấp nhiệt gián tiếp với nước nóng là chất trung chuyển nhiệt lượng.

- *Dàn lạnh*: dùng cho hệ thống làm lạnh không khí bằng nước hay còn gọi là FCU (Fan - Coil - Unit). Cấu tạo gồm dàn trao đổi nhiệt nước - không khí, ống đồng cánh nhôm (hoặc ống sắt cánh nhôm), quạt ly tâm tuần hoàn gió, máng hứng nước ngưng, vỏ bao che và lọc bụi.

2.2.2 Tính toán các thông số trạng thái cơ bản của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$

2.2.2.1 Nồng độ của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$

Nồng độ (c) của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ được định nghĩa là tỷ số giữa khối lượng muối litibromua khan có trong dung dịch và khối lượng của dung dịch.

$$c = \frac{m_{\text{LiBr}}}{m_{\text{LiBr}} + m_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (\%) \quad (2.01)$$

Trong đó, m_{LiBr} và $m_{\text{H}_2\text{O}}$ là khối lượng của muối litibromua và khối lượng của nước trong dung dịch.

2.2.2.2 Các công thức xác định các thông số trạng thái của dung dịch

2.2.2.2.1 Entanpi của dung dịch

Entanpi i (kJ/kg) của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ khi đã biết nồng độ c (%) và nhiệt độ t ($^{\circ}\text{C}$) được tính bằng công thức sau:

$$i = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \cdot c^{(i-1)} \cdot t^{(j-1)} \quad (2.02)$$

Giá trị các hệ số a_{ij} trong công thức trên như sau:

Bảng 2.1: Bảng các giá trị của hệ số a_{ij}

i	j	a_{ij}	i	j	a_{ij}
1	1	1,134125	4	2	$-9,500522 \cdot 10^{-5}$
2	1	$-4,80045 \cdot 10^{-1}$	5	2	$1,708026 \cdot 10^{-6}$
3	1	$-2,161438 \cdot 10^{-3}$	6	2	$-1,102363 \cdot 10^{-8}$
4	1	$2,336235 \cdot 10^{-4}$	1	3	$5,743693 \cdot 10^{-4}$
5	1	$-1,188679 \cdot 10^{-5}$	2	3	$5,870921 \cdot 10^{-5}$
6	1	$2,291532 \cdot 10^{-7}$	3	3	$-7,375319 \cdot 10^{-6}$
1	2	4,124891	4	3	$3,277592 \cdot 10^{-7}$
2	2	$-7,643903 \cdot 10^{-2}$	5	3	$-6,062304 \cdot 10^{-9}$
3	2	$2,589577 \cdot 10^{-3}$	6	3	$3,901897 \cdot 10^{-11}$

2.2.2.2.2 Khối lượng riêng của dung dịch

Khối lượng riêng ρ (kg/m^3) của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ có thể được tính theo

hiệu độ t (°C) và nồng độ c (%) như sau:

$$\rho = 1000. \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \cdot c^{(i-1)} \cdot t^{(j-1)} \quad (2.03)$$

Giá trị các hệ số a_{ij} trong công thức trên như sau:

Bảng 2.2: Bảng các giá trị của hệ số a_{ij}

i	j	a_{ij}	i	j	a_{ij}
1	1	$9,939006.10^{-1}$	4	2	$2,882292.10^{-8}$
2	1	$1,046888.10^{-2}$	5	2	$-2,523579.10^{-10}$
3	1	$-1,667939.10^{-4}$	1	3	$1,392527.10^{-6}$
4	1	$5,332835.10^{-6}$	2	3	$-2,801009.10^{-7}$
5	1	$-3,440005.10^{-8}$	3	3	$1,734979.10^{-8}$
1	2	$-5,631094.10^{-4}$	4	3	$-4,232988.10^{-10}$
2	2	$1,633541.10^{-5}$	5	3	$3,503024.10^{-12}$
3	2	$-1,110273.10^{-6}$			

2.2.2.2.3 Nhiệt độ bão hòa của tác nhân lạnh

Khi đã biết áp suất p (MPa), nhiệt độ bão hòa T (°K) của tác nhân lạnh được xác định như sau:

- Khi $p < 12,33$ MPa:

$$T = 42,6776 - \frac{3892,7}{\ln(p) - 9,48654} \quad (2.04a)$$

- Khi $p > 12,33$ MPa:

$$T = -387,592 - \frac{12587,5}{\ln(p) - 15,2578} \quad (2.04b)$$

2.2.2.2.4 Entanpi của tác nhân lạnh

Entanpi của tác nhân lạnh ở trạng thái lỏng sôi i' (kJ/kg) và ở trạng thái bão

hòa khô i'' (kJ/kg) ứng với nhiệt độ T ($^{\circ}\text{K}$) được tính như sau:

$$i' = 2099,3 \cdot \left(a_1 + \sum_{i=2}^8 a_i \cdot T_R^{(i-1)} \right) \quad (2.05a)$$

$$i'' = 2099,3 \cdot \left(1 + b_1 \cdot T_R^{1/3} + b_2 \cdot T_R^{5/6} + b_3 \cdot T_R^{7/8} + \sum_{i=4}^8 b_i \cdot T_R^{(i-3)} \right) \quad (2.05b)$$

Trong các công thức trên, T_R là thông số trung gian được xác định bằng công thức:

$$T_R = \frac{647,3 - T}{647,3} \quad (2.05c)$$

Giá trị của các hệ số a_i và b_i như sau:

Bảng 2.3: Bảng giá trị của các hệ số a_i và b_i

i	a_i	b_i	i	a_i	b_i
1	$8,839230108 \cdot 10^{-1}$	$4,57874342 \cdot 10^{-1}$	5	-1,91322436	2,69411792
2	-2,67172935	5,08441288	6	68,7937653	-7,39064542
3	6,22640035	-1,48513244	7	$-1,24819906 \cdot 10^2$	10,4961689
4	-13,1789573	-4,81351884	8	72,1435404	-5,46840036

2.2.2.2.5 Áp suất bão hòa của tác nhân lạnh

Gọi p là áp suất bão hòa của nước và hơi nước ứng với nhiệt độ t ($^{\circ}\text{C}$).

Trong trường hợp $t < 100^{\circ}\text{C}$ thì ta có thể tính p như sau:

$$\log p = 28,59051 - 8,2 \cdot \text{Log}(t + 273,15) + 0,0024804 \cdot (t + 273,15) - \frac{3142,31}{(t + 273,15)} \quad (2.06a)$$

Khi t có giá trị nhỏ (rất gần nhiệt độ đông đặc của nước), ta có thể tính p như sau:

$$\log p = 10,5380997 \frac{2663,91}{273,15 + t} \quad (2.06b)$$

Trong công thức (2.06a), áp suất p có đơn vị là bar; trong công thức (2.06b),

áp suất p có đơn vị là mbar suất p có đơn vị là m bar.

2.2.2.2.6 Nhiệt độ bão hòa của tác nhân lạnh cân bằng với dung dịch lỏng sôi.

Xét dung dịch H₂O/LiBr đang sôi có nồng độ c (%), nhiệt độ t (°F) và áp suất p. Ở trạng thái này, có thể xác định nhiệt độ bão hòa t_d (°F) của tác nhân lạnh ứng với áp suất p bằng công thức sau:

$$t_d = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 a_{ij} \cdot c^{(i-1)} \cdot t^{(j-1)} \quad (2.07)$$

Giá trị các hệ số a_{ij} trong công thức trên như sau:

Bảng 2.4: Bảng các giá trị các hệ số a_{ij}

I	J	a_{ij}	i	j	a_{ij}
1	1	$-1,313448.10^{-1}$	4	2	$5,913618.10^{-6}$
2	1	$1,820914.10^{-1}$	5	2	$-7,308556.10^{-8}$
3	1	$-5,177356.10^{-2}$	6	2	$2,788472.10^{-10}$
4	1	$2,827426.10^{-3}$	1	3	$1,978788.10^{-5}$
5	1	$-6,380541.10^{-5}$	2	3	$-1,779481.10^{-5}$
6	1	$4,340498.10^{-7}$	3	3	$2,002427.10^{-6}$
1	2	$9,967944.10^{-1}$	4	3	$-7,667546.10^{-8}$
2	2	$1,778069.10^{-3}$	5	3	$1,201525.10^{-9}$
3	2	$-2,215597.10^{-4}$	6	3	$-6,64171.10^{-12}$

2.2.2.2.7 Nhiệt độ sôi của dung dịch

Khảo sát dung dịch H₂O/LiBr ở áp suất p (psia) và nồng độ c (%). Nhiệt độ sôi t (°F) của dung dịch có thể xác định như sau:

$$t = A \cdot \left(\frac{-2 \cdot E}{D + [D^2 - 4 \cdot (F - N) \cdot E]^{0,5}} - 459,72 \right) + B \quad (2.08)$$

Trong đó:

$$A = -2,0075 + 0,16976 \cdot c - 3,133362 \cdot 10^{-3} \cdot c^2 + 1,97668 \cdot 10^{-5} \cdot c^3$$

$$B = 321,128 - 19,322 \cdot c + 0,374382 \cdot c^2 - 2,0637 \cdot 10^3 \cdot c^3$$

$$C = -2886,373; E = -337269,46; F = 6,21147; N = \log(p)$$

2.2.2.2.8 Áp suất bão hòa của dung dịch

Gọi p (psia) là áp suất bão hòa của dung dịch $H_2O/LiBr$ ở nhiệt độ t ($^{\circ}F$) và nồng độ c (%). Khi biết t và c , có thể xác định giá trị tương ứng của p bằng công thức:

$$\log p = F + \frac{D}{T_R + 459,72} + \frac{E}{(T_R + 459,72)^2} \quad (2.09a)$$

Với T_R là giá trị nhiệt độ trung gian và được xác định như sau:

$$T_R = \frac{t - B}{A} \quad (2.49b)$$

Trong đó, A , B , D , E và F được xác định giống như ở công thức (2.08).

2.2.2.2.9 Nồng độ của dung dịch

Khảo sát dung dịch $H_2O/LiBr$ ở áp suất p và nồng độ c (%). Gọi t ($^{\circ}C$) là nhiệt độ sôi của dung dịch và t' ($^{\circ}C$) là nhiệt độ bão hòa của hơi nước ứng với áp suất p . Hơi nước bay ra từ dung dịch $H_2O/LiBr$ đang sôi có trạng thái quá nhiệt và ở cùng nhiệt độ t với dung dịch. Gọi t_{sv} là độ quá nhiệt của hơi nước, nghĩa là $t_{sv} = t - t'$.

Nồng độ của dung dịch được xác định như sau:

$$c = 38,3893 + a_1 \cdot t_{sv} + a_2 \cdot t_{sv}^2 + a_3 \cdot t' + a_4 \cdot (t')^2 + a_5 \cdot t_{sv} \cdot t' + a_6 \cdot t_{sv}^2 \cdot t' + a_7 \cdot t_{sv} \cdot (t')^2 + a_8 \cdot (t_{sv} \cdot t')^2 \quad (2.10)$$

Giá trị các hệ số a_i trong công thức trên như sau:

Bảng 2.5: Bảng các giá trị của hệ số

a_1	0,5362	a_5	$4,7942.10^{-3}$
a_2	$2,103.10^{-4}$	a_6	$-7,4752.10^{-5}$
a_3	-0,1335	a_7	$-4,5258.10^{-5}$
a_4	$7,7844.10^{-4}$	a_8	$6,1135.10^{-7}$

2.2.2.2.10 Nhiệt dung riêng của dung dịch

Khảo sát dung dịch $H_2O/LiBr$ ở nồng độ c (%) và nhiệt độ t ($^{\circ}C$), nhiệt dung riêng khối lượng đẳng áp của dung dịch c_p (kJ/kg.độ) được xác định như sau:

$$C_p = 3,6371 - 0,029.c + 1,4285714.10^{-5}.(65.t + 30.c - c.t) \quad (2.11)$$

2.2.2.2.11 Hệ số dẫn nhiệt của dung dịch

Khảo sát dung dịch $H_2O/LiBr$ ở nồng độ c (%) và nhiệt độ T ($^{\circ}K$), hệ số dẫn nhiệt của dung dịch λ (W/m.độ) được xác định như sau:

- Trường hợp $T \leq 353$ ($^{\circ}K$):

$$\lambda = -3,5552933 + 3,407759.10^{-2}.T - 9,381419.10^{-5}.T^2 + 8,834924.10^{-8}.T^3 - A(c) \quad (2.12a)$$

- Trường hợp $T > 353$ ($^{\circ}K$):

$$\lambda = -8,8574733 + 6,973969.10^{-6}.T - 1,694229.10^{-4}.T^2 + 13,689024.10^{-8}.T^3 - A(c) \quad (2.12a)$$

Trong đó $A(c)$ là hệ số thể hiện mối liên quan tăng nhiệt của dung dịch và tác nhân lạnh, được xác định như sau:

$$A(c) = 0,4923607 \cdot c - 0,422476 \cdot 10^{-2} \cdot T \cdot c + 5,658527 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \cdot c \\ - 0,1522615c^2 - 1,730562 \cdot 10^{-4} \cdot T \cdot c^2 + 1,895136 \cdot c^3 \quad (2.12c)$$

2.2.2.2.12 Độ nhớt động lực học của dung dịch

Khảo sát dung dịch H₂O/LiBr ở nồng độ c (%) và nhiệt độ t (°C), độ nhớt động lực học của dung dịch μ (N.s/m²) được xác định như sau:

- Trường hợp $t \leq 70$ (°C):

$$\mu = \left(1,8793 - 0,025765 \cdot c - 0,035 \cdot t + 0,0004 \cdot c \cdot t \right. \\ \left. + \frac{-169,263 + 6,989 \cdot c}{t + 223,95 - 363 \cdot c} \right) \cdot 10^{-3} \quad (2.13a)$$

- Trường hợp $t > 70$ (°C)

$$\mu = \left(-0,5707 + 0,0092535 \cdot c + \frac{-169,263 + 6,989 \cdot c}{t + 223,95 - 363 \cdot c} \right) \cdot 10^{-3} \quad (2.13b)$$

2.2.2.2.13 Sức căng bề mặt của dung dịch

Khảo sát dung dịch H₂O/LiBr ở nồng độ c (%) và nhiệt độ T (°K), sức căng bề mặt của dung dịch σ (N/m) được xác định như sau:

$$\sigma = D_1 + D_2 \cdot T + D_3 \cdot T^2 + D_4 \cdot T^3 + D_5 \cdot c + D_6 \cdot T \cdot c + D_7 \cdot T^2 \cdot c + D_8 \cdot c^2 \\ + D_9 \cdot T \cdot c^2 + D_{10} \cdot c^3 \quad (2.14)$$

Trong đó, D_i là các hệ số bậc biến có giá trị như sau:

Bảng 2.6: Bảng các giá trị của hệ số bậc biến

i	D_i	i	D_i
1	$21,54266 \cdot 10^{-2}$	6	$2,52345 \cdot 10^{-5}$
2	$-9,799993 \cdot 10^{-4}$	7	$4,199336 \cdot 10^{-7}$
3	$2,314404 \cdot 10^{-6}$	8	$5,968984 \cdot 10^{-2}$
4	$-2,17009 \cdot 10^{-9}$	9	$-3,000691 \cdot 10^{-4}$
5	$-2,020992 \cdot 10^{-2}$	10	$7,308868 \cdot 10^{-2}$

Cần lưu ý là các công thức (2.11), (2.12a), (2.12b), (2.12c), (2.13a),

(2.13b), (2.14) chỉ được sử dụng trong trường hợp nhiệt độ của dung dịch $t = 0 \div 130$ ($^{\circ}\text{C}$) và nồng độ của dung dịch $c = 30\% \div 70\%$.

2.2.2.3 Các đồ thị thông dụng của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$

Các đồ thị của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ biểu thị mối quan hệ của các thông số trạng thái của dung dịch như entanpi, áp suất hơi dung dịch, nồng độ dung dịch, nhiệt độ dung dịch.... Các đồ thị này ngoài việc được xây dựng để xác định các thông số trạng thái của dung dịch, chúng còn được sử dụng để thể hiện chu trình làm việc của máy lạnh hấp thụ, xác định vùng kết tinh dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$...có các loại đồ thị như đồ thị Dühring “Áp suất - Nhiệt độ - Nồng độ” và đồ thị “Entanpi - Nhiệt độ - Nồng độ”...

2.2.2.4 Các bảng thông số của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$

Để xác định các thông số của dung dịch, ngoài hai phương pháp tính toán và tra đồ thị, còn có một công cụ khác là các bảng tra. Việc xác định các thông số trạng thái của dung dịch bằng phương pháp tra bảng có ưu điểm là nhanh, tiện lợi nhưng có sai số. Có hai loại bảng sau:

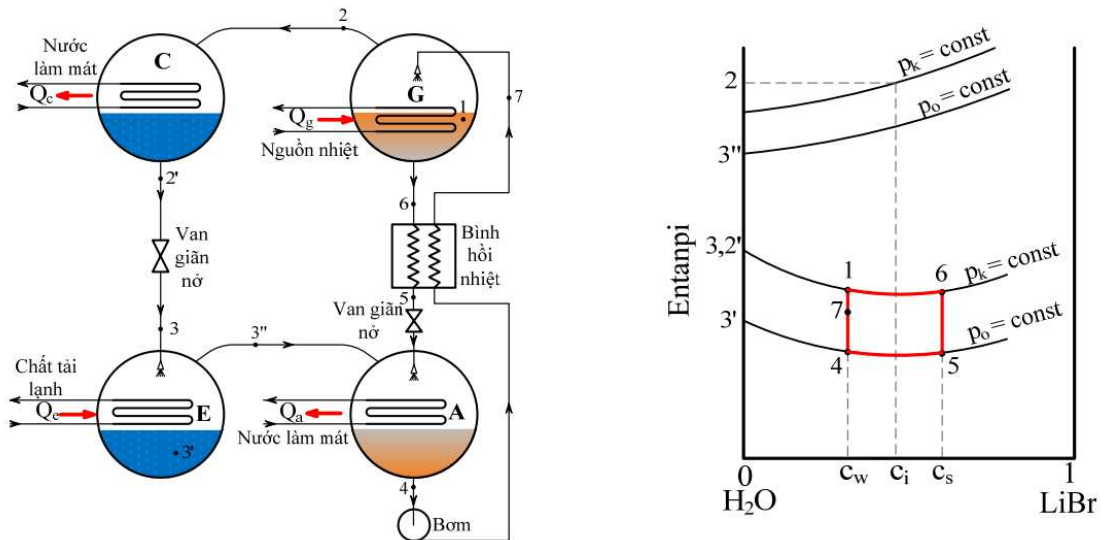
- *Loại bảng số liệu về các tính chất nhiệt động, gồm:*
 - + Bảng áp suất bão hòa của dung dịch.
 - + Bảng entanpi của dung dịch.
 - + Bảng entanpi của hơi cân bằng với dung dịch lỏng sôi.
 - + Bảng entropy của dung dịch.
 - + Bảng entropy của hơi cân bằng với dung dịch lỏng sôi.
- *Loại bảng về các thông số nhiệt vật lý, gồm:*
 - + Bảng khối lượng riêng của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$.
 - + Bảng nhiệt dung riêng đẳng áp.
 - + Bảng hệ số dẫn nhiệt.
 - + Bảng độ nhớt động lực học.
 - + Bảng độ nhớt động học.
 - + Bảng sức căng bề mặt.

2.2.3 Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp

2.2.3.1 Biểu diễn trên đồ thị Dühring “Entanpi - nhiệt độ - nồng độ”

Gọi:

- Trạng thái 1: Dung dịch loãng bắt đầu sôi và bay hơi trong bình phát sinh.
- Trạng thái 2: Hơi nước quá nhiệt bay ra khỏi bình phát sinh.
- Trạng thái 2': Nước ngưng tụ trong bình ngưng.
- Trạng thái 3: Hơi nước đi vào bình bay hơi sau khi đi qua cơ cấu giảm áp.
- Trạng thái 3': Nước ở trạng thái lỏng sôi ứng với áp suất P_0 .
- Trạng thái 3'': Hơi nước bão hòa khô bay ra khỏi bình bay hơi để đi vào bình hấp thụ.
- Trạng thái 4: Dung dịch loãng ra khỏi bình hấp thụ để đi vào bình hồi nhiệt.
- Trạng thái 5: Dung dịch đậm đặc sau khi ra khỏi bình hồi nhiệt để đi vào bình hấp thụ.
- Trạng thái 6: Dung dịch đậm đặc rời khỏi bình phát sinh để đi vào bình hồi nhiệt.
- Trạng thái 7: Dung dịch loãng ra khỏi bình hồi nhiệt để đi vào bình phát sinh.



Hình 2.11: Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp trên đồ thị Dühring
“Entanpi - Nhiệt độ - Nồng độ”

Các áp suất cao và thấp lần lượt được ký hiệu là P_K và P_0 , các nồng độ đậm

đặc và loãng lần lượt được ký hiệu là c_s và c_w .

Dung dịch loãng đi vào bình phát sinh có trạng thái 7 ứng với nồng độ c_w , bắt đầu sôi trong bình phát sinh ở trạng thái 1 và rời khỏi bình phát sinh ở trạng thái 6 với nồng độ c_s . Tương ứng với điều này, trạng thái dung dịch lỏng sôi trong bình phát sinh ở áp suất P_K không chỉ là 1 và 6, mà là toàn bộ trạng thái nằm trên đường $P_K = \text{const}$ ứng với nồng độ thay đổi từ c_w đến c_s . Điều này có nghĩa là hơi nước bay ra từ bình phát sinh không chỉ ở một trạng thái, mà là nhiều trạng thái cân bằng với nhiều trạng thái dung dịch lỏng sôi trong bình phát sinh ở áp suất $P_K = \text{const}$. Chính vì vậy, để xác định trạng thái đại diện hay trạng thái trung bình của hơi nước bay ra từ bình phát sinh, người ta đưa ra khái niệm nồng độ trung gian c_i . Về mặt giá trị, có thể xem c_i là trung bình cộng của c_w và c_s . Trên cơ sở đó, ta có thể xem trạng thái hơi nước trung bình (trạng thái 2) bay ra từ bình phát sinh là trạng thái cân bằng với dung dịch lỏng sôi ở nồng độ c_i và áp suất P_K .

Sau khi đi vào bình ngưng tụ và nhả nhiệt cho nước làm mát, hơi quá nhiệt 2 trở thành lỏng sôi ở trạng thái 2' và đi qua cơ cấu giảm áp để đi đến bình bay hơi ở trạng thái 3. Ở đầu ra của cơ cấu giảm áp, entanpi của trạng thái 3 bằng entanpi của trạng thái 2', do đó, điểm 3 trùng với điểm 2' trên đồ thị. Tuy nhiên, do điểm 2' ứng với áp suất P_K , còn điểm 3 ứng với áp suất P_0 , nên điểm 3 có trạng thái hơi bão hòa ẩm. Điểm 3 là điểm hòa trộn giữa trạng thái lỏng sôi 3' và trạng thái hơi bão hòa khô 3''.

Do ở bình phát sinh luôn có một lượng hơi nước bay ra nên nồng độ dung dịch rời bình phát sinh (trạng thái 6) đậm đặc hơn so với dung dịch đi vào bình phát sinh (trạng thái 7). Dung dịch ở trạng thái 6 được đưa qua bình hồi nhiệt để nhả nhiệt và trở thành trạng thái 5. Chính do nhiệt lượng nhả ra từ dòng dung dịch đậm đặc mà dòng dung dịch loãng đến từ bình hấp thụ biến đổi từ trạng thái 4 đến trạng thái 7.

Tại bình hấp thụ, hơi nước đến từ bình bay hơi có trạng thái 3'' được hấp thụ bởi dòng dung dịch đậm đặc đến từ bình phát sinh có trạng thái 5. Do kết quả của quá trình giải nhiệt, dung dịch loãng rời bình hấp thụ có trạng thái 4 và

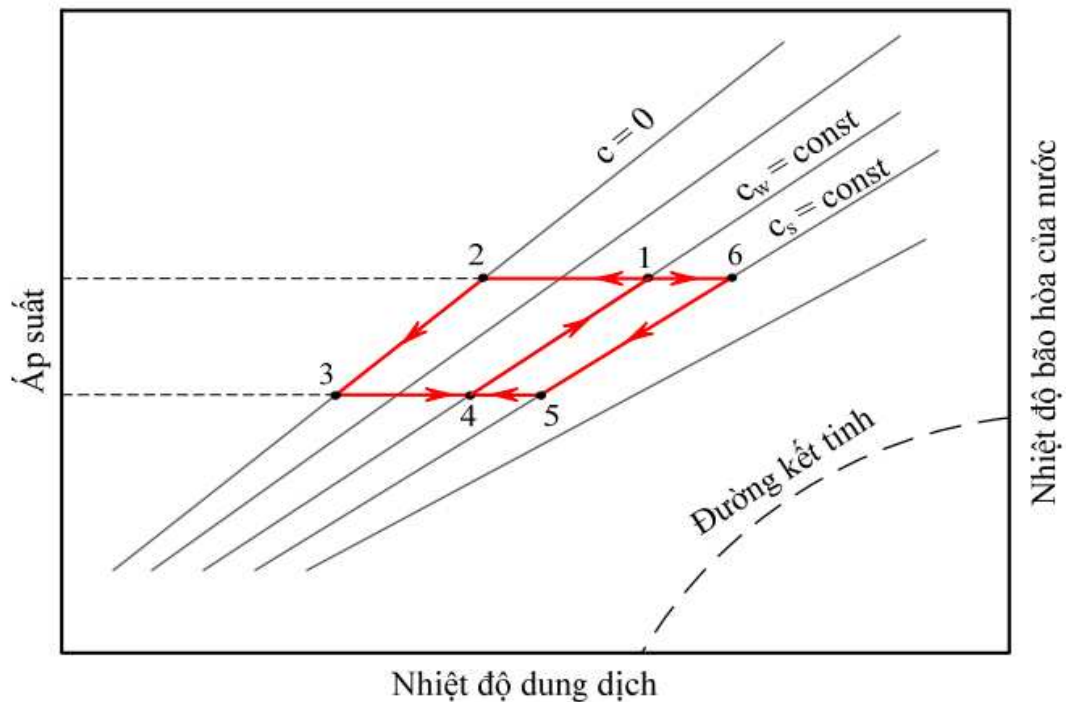
được bơm dung dịch bơm trở lại bình phát sinh.

2.2.3.2 Biểu diễn trên đồ thị Dühring “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ”

So với đồ thị Dühring “*Entanpi - nhiệt độ - nồng độ*”, đồ thị Dühring “*Áp suất - nhiệt độ - nồng độ*” có nhược điểm là không thể phân biệt rõ trạng thái lỏng sôi và trạng thái hơi bão hòa khô của tác nhân lạnh. Ngoài ra, trên đồ thị cũng không biểu diễn được hơi nước ở trạng thái quá nhiệt. Như vậy, có thể xem điểm 2 trên đồ thị Dühring “*Áp suất - nhiệt độ - nồng độ*” đại diện cho các điểm 2 và 2', điểm 3 đại diện cho các điểm 3, 3' và 3".

Tuy nhiên, đồ thị Dühring “*Áp suất - nhiệt độ - nồng độ*” có ưu điểm là có khả năng thể hiện rõ sự phân tách tác nhân lạnh và dung dịch. Nhờ đó, ta có thể thấy rõ môi chất làm việc trong hệ thống được tách ra thành hai mạch vòng khác nhau khi hệ thống làm việc, mạch thứ nhất đi qua các điểm 1-2-3-4-1, còn mạch thứ hai đi qua các điểm 1-6-5-4-1.

Như vậy, mạch thứ nhất biểu diễn các trạng thái cơ bản của tác nhân lạnh, còn mạch thứ hai biểu diễn các trạng thái cơ bản của dung dịch. Ngoài ra, đồ thị “*Áp suất - nhiệt độ - nồng độ*” còn có các ưu điểm khác như giúp thấy rõ mức áp suất, nồng độ và nhiệt độ làm việc trong sơ đồ.



Hình 2.12: *Chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp trên đồ thị Dühring “Áp suất - nhiệt độ - nồng độ”*

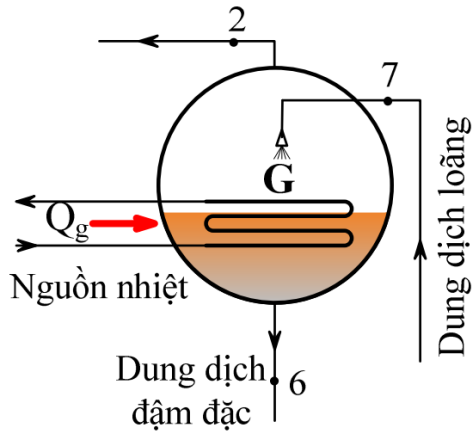
2.2.4 Các tính toán nhiệt động

Đối với máy lạnh hấp thụ một cấp, việc tính toán nhiệt động có thể được thực hiện trên cơ sở khối lượng (kg) tác nhân lạnh bay ra từ bình phát sinh G. Khi viết những phương trình cân bằng năng lượng được trình bày dưới đây, xem sự gia tăng entanpi của dung dịch khi đi qua bơm là không đáng kể.

2.2.4.1 Bình phát sinh

Gọi a là bội số tuần hoàn, a là tỷ số giữa lượng dung dịch loãng cấp vào bình phát sinh và lượng tác nhân lạnh bay ra.

Như vậy, tại bình phát sinh G, cứ ứng với 1(kg) tác nhân lạnh bay ra ta phải có a (kg) dung dịch loãng đi vào và $(a-1)$ (kg) dung dịch đậm đặc đi ra.



Hình 2.13: Bình phát sinh

Phương trình cân bằng năng lượng và cân bằng chất như sau:

$$q_g + a \cdot i_7 = i_2 + (a - 1) \cdot i_6 \quad (2.15a)$$

$$a \cdot c_w = (a - 1) \cdot c_s c_s$$

$$\Leftrightarrow a = \frac{c_s}{c_s - c_w} \quad (2.15b)$$

Trong đó:

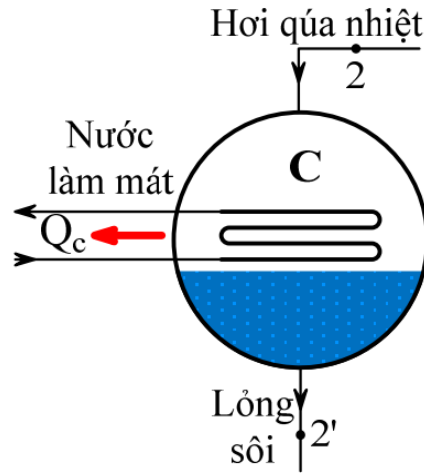
- q_g là nhiệt lượng cấp vào bình phát sinh để nhận được 1(kg) hơi tác nhân lạnh (kJ/kg).
- a là bội số tuần hoàn (kg dung dịch loãng/ kg tác nhân lạnh).
- c_s và c_w là nồng độ dung dịch đậm đặc rời khỏi bình phát sinh và nồng độ dung dịch loãng đi vào bình phát sinh (%).

2.2.4.2 Bình ngưng tụ

Tại bình ngưng tụ, cứ ứng với 1(kg) hơi nước ở trạng thái quá nhiệt đi vào sẽ có 1(kg) nước ở trạng thái lỏng sôi đi ra. Quá trình ngưng tụ được thực hiện nhờ nước làm mát. Khi đi qua bình ngưng tụ, nước làm mát sẽ nhận vào một lượng nhiệt là q_c (kJ/kg).

Phương trình cân bằng năng lượng được viết như sau:

$$q_c + i_{2'} = i_2 \quad (2.16)$$



Hình 2.14: Bình ngưng tụ

2.2.4.3 Bình bay hơi

Nước ở trạng thái lỏng sôi đi từ bình ngưng tụ sẽ đi qua cơ cấu giảm áp để đi vào bình bay hơi ở trạng thái 3. Tại bình bay hơi, hơi nước từ trạng thái hơi bão hòa ẩm 3 sẽ nhận nhiệt để biến thành trạng thái hơi bão hòa khô 3'' rồi đi vào bình hấp thụ. Gọi q_e (kJ/kg) là nhiệt lượng mà 1 (kg) hơi nước nhận vào ở bình bay hơi, phương trình cân bằng năng lượng được viết như sau:

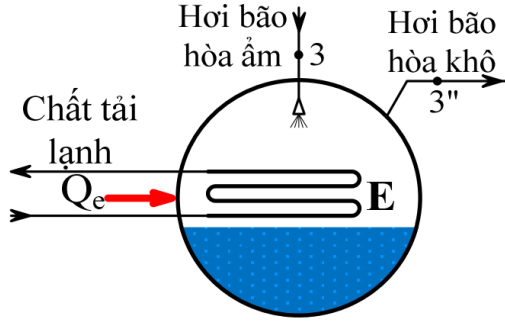
$$q_e + i_3 = i_{3''} \quad (2.17a)$$

Như đã trình bày ở trên, về mặt giá trị thì $i_3 = i_{2'}$. Ta có thể xác định độ khô của hơi tác nhân lạnh đi vào bình bay hơi bằng công thức sau:

$$x = \frac{i_3 - i_{3'}}{i_{3''} - i_{3'}} \quad (2.17b)$$

Từ đó, năng suất lạnh đơn vị q_e có thể được viết lại như sau:

$$q_e = (1 - x) \cdot (i_{3''} - i_{3'}) \quad (2.17c)$$



Hình 2.15: Bình bay hơi

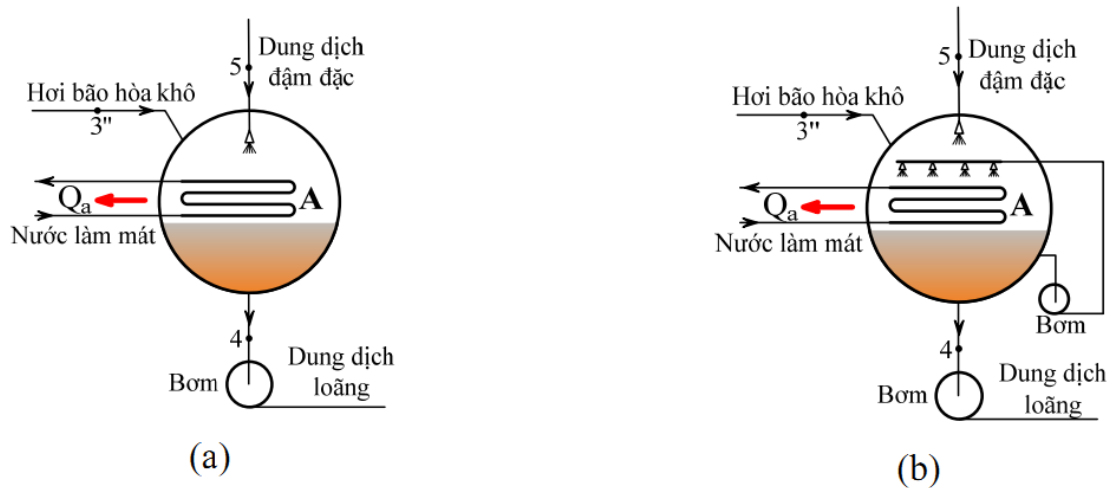
2.2.4.4 Bình hấp thụ

Tại bình hấp thụ, cứ ứng với 1 (kg) hơi nước đi vào sẽ có $(a - 1)$ (kg) dung dịch đậm đặc đi vào và a (kg) dung dịch loãng đi ra. Phương trình cân bằng năng lượng và cân bằng chất được viết như sau:

$$a \cdot c_w = (a - 1) \cdot c_s \quad (2.18a)$$

$$q_a + a \cdot i_4 = i_{3''} + (a - 1) \cdot i_5 \quad (2.18b)$$

Trong đó, q_a (kJ/kg) là nhiệt lượng bình hấp thụ phải nhả ra ứng với 1 (kg) tác nhân lạnh đi vào bình.



Hình 2.16: Bình hấp thụ

(a): Không có bơm dung dịch phụ, (b): Có bơm dung dịch phụ

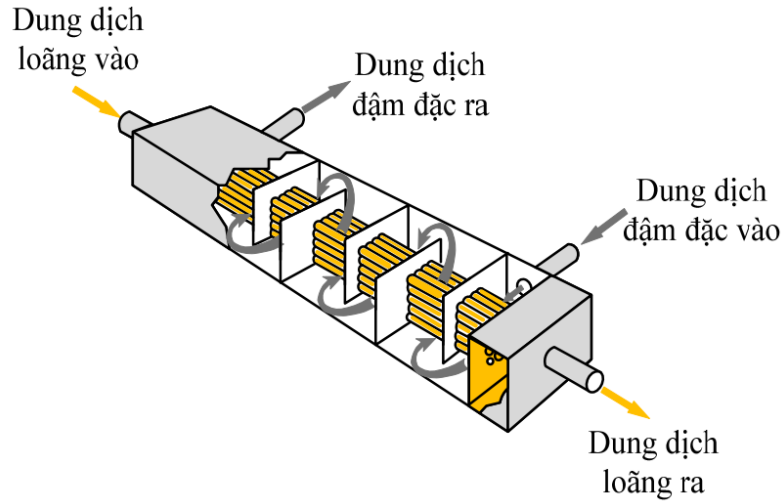
Nhằm gia tăng hiệu quả của quá trình hấp thụ, thông thường, một bơm dung

dịch phụ được trang bị tại bình hấp thụ. Trong trường hợp này, cần lưu ý đến hệ số f , f là tỷ số giữa lượng dung dịch cần được chảy tuần hoàn nhờ bơm dung dịch phụ tương ứng với 1 (kg) tác nhân lạnh bay ra khỏi bình phát sinh. Cũng tương tự bình phát sinh, nồng độ dung dịch ở bình hấp thụ cũng không đồng đều mà biến đổi từ c_s ở đầu vào cho đến c_w ở đầu ra. Thông qua bơm dung dịch phụ, ở bình hấp thụ cũng có khái niệm nồng độ trung gian. Giá trị nồng độ trung gian phụ thuộc vào giá trị của f . Trong trường hợp nếu muốn nồng độ trung gian thỏa mãn một giá trị cho trước, ta cần xác định giá trị f tương ứng. Thông thường, có thể chọn f vào khoảng 50 (*kg dung dịch/ kg tác nhân lạnh*). Lưu ý là không có mối liên hệ bắt buộc nào giữa nồng độ trung gian ở bình phát sinh và nồng độ trung gian ở bình hấp thụ.

2.2.4.5 Bình hồi nhiệt

Tại bình hồi nhiệt có sự trao đổi nhiệt giữa dòng dung dịch đậm đặc có nhiệt độ cao và dòng dung dịch loãng có nhiệt độ thấp. Khi đi qua bình hồi nhiệt, dung dịch loãng biến đổi từ trạng thái 4 đến trạng thái 7, còn dung dịch đậm đặc biến đổi từ trạng thái 6 đến trạng thái 5. Ứng với 1 (kg) tác nhân lạnh bay ra từ bình phát sinh, lượng dung dịch loãng và dung dịch đậm đặc đi qua bình hồi nhiệt lần lượt là a (kg) và $(a-1)$ (kg). Phương trình cân bằng năng lượng tại bình hồi nhiệt được viết như sau:

$$(a - 1) \cdot (i_6 - i_5) = a \cdot (i_7 - i_4) \quad (2.19)$$



Hình 2.17: Bình hồi nhiệt

Trong phương trình này, xem entanpi của dung dịch loãng không gia tăng khi qua bơm dung dịch.

2.2.4.6 Bộ hâm nước

Nước chảy bên trong các cụm hâm nhận nhiệt lượng từ mặt trời bên ngoài. Nhiệt lượng này được xác định bằng công thức sau:

$$Q_h = \dot{m}_{hw} \cdot c_p \cdot (t_{hw2} - t_{hw1}) \quad (2.20)$$

Trong đó:

- Q_h là nhiệt lượng nước nhận được khi qua cuộn hâm (kW).
- \dot{m}_{hw} là lưu lượng khối lượng của nước nóng qua bộ hâm (kg/s).
- c_p là nhiệt dung riêng đẳng áp của nước nóng (kJ/kg.độ).
- t_{hw1} và t_{hw2} là nhiệt độ nước nóng đi vào và đi ra khỏi cụm hâm ($^{\circ}\text{C}$).

2.2.5 Xác định các thông số làm việc

Các bước xác định các thông số làm việc hợp lý của máy lạnh hấp thụ bao gồm:

1. Trong trường hợp mục đích sử dụng máy lạnh hấp thụ là điều hòa không khí

thì nên chọn nhiệt độ sôi của tác nhân lạnh trong bình bay hơi khoảng từ $4^{\circ}\text{C} \div 5^{\circ}\text{C}$.

2. Từ nhiệt độ sôi của tác nhân lạnh, xác định áp suất P_0 làm việc trong bình bay hơi và bình hấp thụ.

3. Chọn nhiệt độ nước làm mát phù hợp với điều kiện khí hậu của khu vực. Từ nhiệt độ nước làm mát và áp suất làm việc P_0 trong bình hấp thụ, xác định nồng độ dung dịch loãng c_w sao cho dung dịch làm việc trong bình hấp thụ có thể nhả nhiệt cho nước làm mát.

4. Cũng từ nhiệt độ nước làm mát, xác định nhiệt độ ngưng tụ hợp lý của tác nhân lạnh trong bình ngưng tụ và từ đó xác định áp suất làm việc P_k trong bình ngưng tụ và bình phát sinh. Khi thực hiện bước này, nên hình dung phương án giải nhiệt (song song hay nối tiếp) để có sự điều chỉnh cần thiết.

5. Xác định nhiệt độ có thể có của nguồn nhiệt cấp vào bình phát sinh. Từ nhiệt độ nguồn nhiệt cấp vào và áp suất làm việc P_k trong bình phát sinh, lựa chọn nồng độ dung dịch đậm đặc c_s sao cho nguồn nhiệt cấp vào và dung dịch trong bình phát sinh có thể trao đổi nhiệt tốt với nhau.

6. Đánh giá lại các thông số vừa chọn dưới hai góc độ: bội số tuần hoàn a và yêu cầu tránh đủ xa đường kết tinh.

Ngoài những yếu tố vừa nêu, khi lựa chọn các thông số làm việc như áp suất và nồng độ của máy lạnh hấp thụ, ta cần phải chú ý tránh đủ xa đường kết tinh, quan tâm đến phương án giải nhiệt cho bình ngưng tụ và bình hấp thụ và lưu ý đến đặc điểm thiết kế bình hồi nhiệt.

Trong các trạng thái của dung dịch trong máy lạnh, cần phải chú ý đến trạng thái dung dịch đậm đặc đi vào bình hấp thụ từ bình phát sinh, vì trạng thái này rất gần đường kết tinh. Về mặt năng lượng, cần phải chú ý đến hiệu số giữa nồng độ dung dịch đậm đặc và dung dịch loãng do hiệu số này ảnh hưởng đáng kể đến mức độ sử dụng hiệu quả năng lượng của chu trình. Chính hiệu số này quyết định giá trị của bội số tuần hoàn a . Từ công thức (2.15b) ta thấy, nếu hiệu số $(c_s - c_w)$ càng nhỏ thì càng không tốt vì giá trị của a càng lớn. Điều này có

nghĩa là, khi giá trị của a càng lớn, cứ ứng với 1 (kg) tác nhân lạnh bay ra khỏi bình phát sinh ta cần phải cung cấp vào bình phát sinh một lượng dung dịch loãng đáng kể. Khi gia tăng lượng dung dịch loãng cấp vào bình phát sinh, không chỉ phải tiêu tốn nhiều năng lượng hơn ở bơm dung dịch mà còn phải tiêu tốn nhiều năng lượng hơn ở bình phát sinh và đồng thời phải nhả nhiệt nhiều hơn ở bình hấp thụ. Như vậy, nếu có thể, nên gia tăng hiệu số ($c_s - c_w$) tuy nhiên, do những giới hạn khác, đặc biệt giới hạn của nhiệt độ nước làm mát tại khu vực hoạt động của tàu, c_w không thể được giảm đến mức nào cũng được. Tương tự như vậy, c_s cũng không thể được tăng đến mức nào cũng được, lý do là sự hạn chế của nhiệt độ nguồn nhiệt cấp vào và khả năng có thể đi vào vùng kết tinh của dung dịch. Cần lưu ý, trong trường hợp này, việc hạ thấp nhiệt độ dung dịch loãng ra khỏi bình hấp thụ và hạ thấp nhiệt độ ngưng tụ của tác nhân lạnh trong bình ngưng tụ đều mang đến những kết quả tốt hơn. Chính vì vậy, về mặt thiết kế, người ta thường chủ động chọn độ gia tăng nhiệt độ của nước làm mát khi đi qua bình hấp thụ và bình ngưng tụ nhỏ hơn mức thông thường.

Chương 3: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỆ THỐNG LẠNH HẤP THỤ CHO CĂN HỘ

3.1 Tính toán chu trình máy lạnh hấp thụ một cấp

3.1.1 Nhu cầu phụ tải lạnh cho căn hộ.

Căn hộ mà ta đang xét (bản vẽ thiết kế) cần cung cấp lạnh cho 3 phòng ngủ có cùng kích thước là $4300 \times 2800 \text{ (mm}^2\text{)}$. Mỗi phòng ta chọn 1 máy lạnh có công suất là 1HP tương đương 0.75 Kw.

Vậy tổng công suất cần cho 3 phòng ngủ là $Q_e = 2.25 \text{ Kw}$

3.1.2 Nhiệt độ nước nóng gia nhiệt vào/ra khỏi máy lạnh hấp thụ

Nhiệt độ nước nóng gia nhiệt cao sẽ giúp giảm diện tích bề mặt trao đổi nhiệt nhưng lại làm tăng khả năng ăn mòn kim loại của dung dịch $\text{H}_2\text{O/LiBr}$.

Chọn nhiệt độ nước nóng gia nhiệt vào máy lạnh là: $t_{gw1} = 100(^{\circ}\text{C})$.

Chọn nhiệt độ nước nóng gia nhiệt ra khỏi máy lạnh là:

$$t_{gw2} = t_{gw1} - 3 = 100 - 3 = 97(^{\circ}\text{C})$$

3.1.3 Nhiệt độ nước làm mát đi vào/ra khỏi bình hấp thụ

Chọn nước bơm từ giếng làm công chất làm mát cho bình hấp thụ và bình ngưng tụ. Nhiệt độ trung bình của nước là $t_{aw1} = 27,2 (^{\circ}\text{C})$.

Chọn nhiệt độ nước làm mát đi vào bình hấp thụ là:
 $t_{aw1} = 27,2(^{\circ}\text{C})$.

Chọn nhiệt độ nước làm mát đi ra bình hấp thụ là:

$$t_{aw2} = t_{aw1} + 4,8 = 27,2 + 4,8 = 32^{\circ}\text{C}$$

3.1.4 Nhiệt độ ra/ vào máy lạnh hấp thụ của chất tải lạnh

Với ứng dụng điều hòa không khí, nhiệt độ của chất tải lạnh ra khỏi máy lạnh hấp thụ tốt nhất là: $t_{ew2} = 8(^{\circ}\text{C})$

$$t_{ew2} = t_{ew1} + 5 = 8 + 5 = 13(^{\circ}\text{C})$$

3.1.5 Nhiệt độ và áp suất bão hòa của tác nhân lạnh trong bình bay hơi

Chọn nhiệt độ sôi của tác nhân lạnh trong bình bay hơi:

$$t_o = t_{ew1} - 4 = 8 - 4 = 4(^{\circ}\text{C})$$

Tra bảng nước và hơi nước bão hòa ứng với $t_o = 4(^{\circ}\text{C})$ ta được áp suất ngưng tụ của tác nhân lạnh trong bình ngưng là: $P_0 = 0,008439(\text{bar})$

3.1.6 Nhiệt độ và áp suất ngưng tụ của tác nhân lạnh

Do đường nước làm mát được bố trí theo kiểu nối tiếp, nước làm mát ra khỏi bình hấp thụ sẽ đi vào bình ngưng tụ nên nhiệt độ nước làm mát đi vào bình ngưng tụ là:

$$t_{cw1} = t_{aw2} = 32(^{\circ}\text{C})$$

Chọn nhiệt độ nước làm mát ra khỏi bình ngưng tụ là:

$$t_{cw2} = t_{cw1} + 4 = 32 + 4 = 36(^{\circ}\text{C})$$

Chọn nhiệt độ ngưng tụ của hơi tác nhân lạnh trong bình ngưng là:

$$t_k = t_{cw2} + 4 = 36 + 4 = 40(^{\circ}\text{C})$$

Tra bảng nước và hơi nước bão hòa ứng với $t_k = 40(^{\circ}\text{C})$ Ta được áp suất ngưng tụ của tác nhân lạnh trong bình ngưng tụ là: $P_k = 0,07375(\text{bar})$.

3.1.7 Xác định các điểm nút của chu trình

➤ *Trạng thái 4: Dung dịch loãng ra khỏi bình hấp thụ để đi vào bình hồi nhiệt*

+ Chọn nhiệt độ dung dịch ở trạng thái 4 là:

$$t_4 = t_{aw2} + 4 = 32 + 4 = 36(^{\circ}\text{C})$$

+ Nồng độ dung dịch tính theo công thức (2.10) là: $c_w = 55,54\%$

+ Entanpi của dung dịch tính theo công thức (2.02) là: $i_4 = 88,6816\%$

➤ *Trạng thái 6: Dung dịch đậm đặc rời khỏi bình phát sinh đi vào bình hồi*

nhiệt

- + Chọn nhiệt độ dung dịch là: $t_6 = t_{gw1} - 5 = 100 - 5 = 95(^{\circ}\text{C})$
- + Áp suất của dung dịch là: $P_6 = P_k = 0,07375(\text{bar})$.
- + Nồng độ của dung dịch tính theo công thức (2.10) là: $c_s = 64,90\%$
- + Entanpi của dung dịch tính theo công thức (2.02) là: $i_6 = 242,8047(\text{kJ/kg})$.
- + Vậy, ta có giá trị nồng độ trung gian như sau:

$$c_i = \frac{c_w + c_s}{2} + \frac{55,54 + 64,90}{2} = 60,22\%$$

- *Trạng thái 1: Dung dịch loãng bắt đầu sôi và bay hơi trong bình phát sinh*
- + Áp suất của dung dịch là: $P_1 = P_k = 0,07375(\text{bar})$, nồng độ là: $c_w = 55,54\%$
- + Độ sôi của dung dịch tính theo công thức (2.08) là: $t_1 = 75,55(^{\circ}\text{C})$.
- + Entanpi của dung dịch tính theo công thức (2.02) là: $i_1 = 169,2389(\text{kJ/kg})$.
- *Trạng thái 2: Hơi nước quá nhiệt bay ra khỏi bình phát sinh*
- + Nhiệt độ sôi của dung dịch ở trung gian có nồng độ $c_i = 60,22\%$ và áp suất $P_k = 0,07375(\text{bar})$ tính theo công thức (2.48) là: $t_d = 85,60(^{\circ}\text{C})$
- + Trạng thái 2 là trạng thái hơi nước cân bằng với dung dịch lỏng sôi ở trạng thái trung gian này nên ta có: $t_2 = t_d = 85,60(^{\circ}\text{C})$
- + Tra bảng nước chưa sôi và hơi quá nhiệt ứng với $t_2 = 85,60(^{\circ}\text{C})$ và $P_2 = P_k = 0,07375(\text{bar})$ ta được entanpi là: $i_2 = 2660,64(\text{kJ/kg})$
- *Trạng thái 2': Nước ngưng tụ trong bình ngưng*
- + Đây là trạng thái lỏng sôi có nhiệt độ $t_{2'} = t_k = 40(^{\circ}\text{C})$.
- + Tra bảng nước và hơi nước bão hòa ứng với $t_{2'} = 40(^{\circ}\text{C})$. ta được giá trị của entanpi là: $i_{2'} = 167,50(\text{kJ/kg})$.
- *Trạng thái 3: Hơi nước đi vào bình bay hơi sau khi đi qua cơ cấu giảm áp*
- + Đây là trạng thái hơi bão hòa ẩm có áp suất $P_3 = P_o = 0,008439(\text{bar})$
- + Entanpi của hơi nước là: $i_3 \approx i_{2'} = 167,50(\text{kJ/kg})$.
- *Trạng thái 3': Nước ở trạng thái lỏng sôi ứng với áp suất P_o*

+ Đây là thành phần lỏng sôi trong hỗn hợp hơi của trạng thái 3, nó có cùng giá trị áp suất, nhiệt độ, entanpi với trạng thái 3.

➤ *Trạng thái 3'': Hơi nước bão hòa khô bay ra khỏi bình bay hơi*

Tra bảng nước và hơi nước bão hòa ứng với nhiệt độ $t_{3''} = t_o = 4(^{\circ}\text{C})$ ta được giá trị của entanpi là: $i_{3''} = 2508,196(\text{kJ/kg})$.

➤ *Trạng thái 7: Dung dịch loãng ra khỏi bình hồi nhiệt để đi vào bình phát sinh*

+ Chọn nhiệt độ của dung dịch ở trạng thái 7 là: $t_7 = 65(^{\circ}\text{C})$.

+ Nồng độ dung dịch là: $c_w = 55,54(^{\circ}\text{C})$.

+ Entanpi của dung dịch tính theo công thức (2.42) là: $i_7 = 147,6971(\text{kJ/kg})$.

➤ *Trạng thái 5: Dung dịch đậm đặc sau khi ra khỏi bình hồi nhiệt để đi vào bình hấp thụ.*

+ Bội số tuần hoàn của dung dịch tính theo công thức (2.15b) là:
 $a = 6,934$ (kg dung dịch loãng/kg tác nhân lạnh).

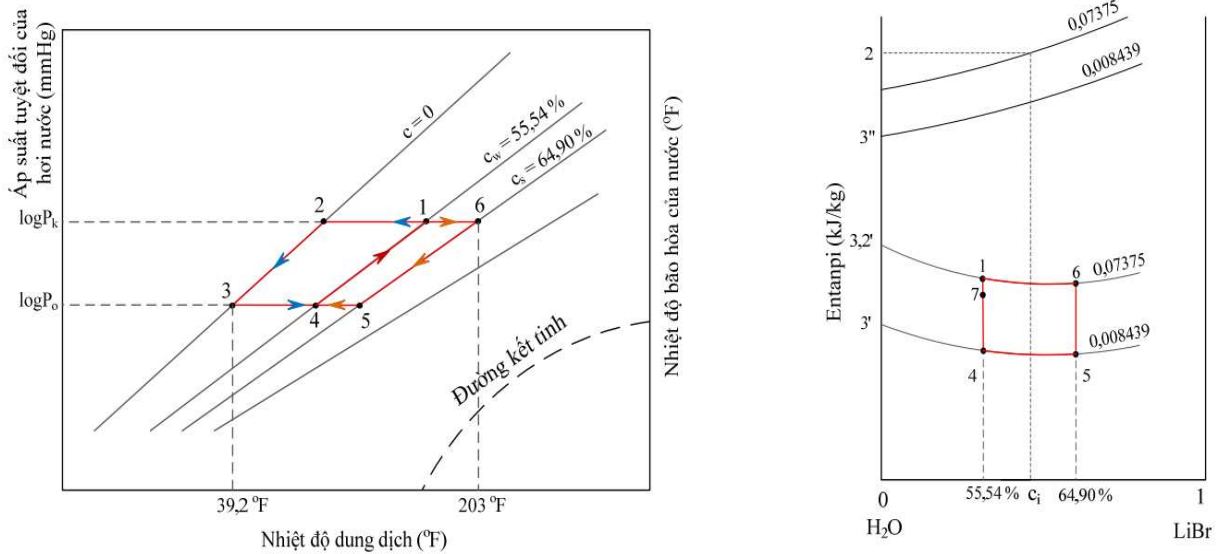
+ Entanpi của dung dịch tính theo công thức (2.42) là: $i_5 = 173,844(\text{kJ/kg})$.

Từ kết quả tính toán trên, có thể lập bảng thông số của các trạng thái đặc trưng của chu trình như sau:

Bảng 3.1: Giá trị các thông số của các trạng thái đặc trưng

Trạng thái	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	Áp suất (bar)	Nồng độ (%)	Entanpi (kJ/kg)
1	75,55	0,07375	55,54	169,2389
2	85,60	0,07375	0	2660,64
2'	40	0,07375	0	167,50
3	4	0,008439	0	167,50
3'	4	0,008439	0	167,50
3''	4	0,008439	0	2508,196
4	36	0,008439	55,54	88,6816
5	-	0,07375	64,90	173,844
6	95	0,07375	64,90	242,8047
7	65	0,07375	55,54	147,6971

3.1.8 Biểu diễn chu trình trên đồ thị



Hình 3.1: Chu trình máy lạnh hấp thụ trên đồ thị $\log p - T$ và đồ thị $i - c$

3.2 Tính toán phụ tải cho các thiết bị

3.2.1 Lưu lượng tác nhân lạnh và dung dịch đi qua các thiết bị

Gọi \dot{m}_r (kg/s) là lưu lượng tác nhân lạnh đi qua bình bay hơi. Từ công thức xác định năng suất lạnh $Q_e = \dot{m}_r \cdot (i_{3''} - i_3)$ suy ra:

$$\dot{m}_r = \frac{Q_e}{i_{3''} - i_3} = \frac{2,25}{2508,196 - 167,50} = 0,000961 \left(\frac{kg}{s} \right)$$

Gọi \dot{m}_s (kg/s) là lưu lượng dung dịch loãng đi vào bình phát sinh, từ định nghĩa bội số tuần hoàn ta có:

$$\dot{m}_s = \dot{m}_r \cdot a = 0,000961 \cdot 6,934 = 0,006664 (kg/s)$$

Gọi \dot{m}_d (kg/s) là lưu lượng dung dịch đậm đặc ra khỏi bình phát sinh, ta có:

$$\dot{m}_d = \dot{m}_s - \dot{m}_r = 0,006664 - 0,000961 = 0,0057 (kg/s)$$

3.2.2 Bình phát sinh

Nhiệt lượng dung dịch nhận cần nhận vào để tạo ra 1 (kg) hơi tác nhân lạnh

tính theo công thức (2.15a) là: $q_g = 3077,3114(kJ/kg)$.

Vậy, nhiệt lượng cần thiết cấp cho dung dịch tại bình phát sinh là:

$$Q_g = \dot{m}_r \cdot q_g = 0,000961 \cdot 3077,3114 = 2,957(kJ/s).$$

3.2.3 Bình ngưng tụ

Nhiệt lượng 1 (kg) hơi nước nhả ra cho nước làm mát tại bình ngưng tụ tính theo công thức (2.56) là: $q_c = 2493,14(kJ/kg)$.

Vậy, nhiệt lượng mà hơi nước tỏa ra trong quá trình ngưng tụ tại bình ngưng là:

$$Q_c = \dot{m}_r \cdot q_c = 0,000961 \cdot 2493,14 = 2,396(kJ/s).$$

3.2.4 Bình bay hơi

Theo dữ liệu ban đầu ta có: $Q_e = 2,25(kJ/s)$.

3.2.5 Bình hấp thụ

Nhiệt lượng dung dịch nhả ra cho nước làm mát là ứng với 1 (kg) tác nhân lạnh đi vào bình hấp thụ tính theo công thức (2.18b) là: $q_a = 2924,8681(kJ/kg)$

Vậy, nhiệt lượng dung dịch nhả ra cho nước làm mát tại bình hấp thụ là:

$$Q_a = \dot{m}_r \cdot q_a = 0,000961 \times 2924,8681 = 2,81(kJ/s).$$

3.2.6 Bình hồi nhiệt

Nhiệt lượng trao đổi giữa dung dịch loãng và dung dịch đậm đặc ứng tại bình hồi nhiệt ứng với $\dot{m}_r = 0,000961(kg/s)$ tác nhân lạnh bay ra từ bình phát sinh được tính như sau:

$$\begin{aligned} Q_{ex} &= \dot{m}_r \cdot (a - 1) \cdot (i_6 - i_5) \\ &= 0,000961 \times (6,934 - 1) \cdot (242,8047 - 173,84) \\ &= 0,393(kJ/s) \end{aligned}$$

3.2.7 Kiểm tra lại kết quả tính toán

Khảo sát trên toàn bộ hệ thống ta nhận thấy:

$$Q_g + Q_e = Q_c + Q_a = 5.206(kJ/kg)$$

Vậy, các kết quả tính toán trên đã hợp lý.

3.2.8 Hệ số làm lạnh của chu trình (hệ số COP)

$$COP = \frac{Q_e}{Q_g} = \frac{2.25}{2.957} = 0,761$$


3.3 Kiểm tra đáp ứng từ môi trường.

Theo nguồn từ internet ta có bảng thông kê bức xạ mặt trời tại số quốc gia trên thế giới.

Panel Generation Factors (Asia-Pacific)

Average panel generation factor (10 year average) kWh/m²/day

Country	City	Latitude	Longitude	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year Avg
AU	Sydney	34° S	151° 0' E	6.34	5.68	4.87	3.6	2.74	2.5	2.67	3.53	4.67	5.61	6.32	6.6	4.59
CN	Hongkong	22° 18' N	114° 10' E	2.59	2.56	3.06	3.93	4.13	4.74	5.81	4.95	4.68	4.05	3.56	2.93	4.18
ID	Jakarta	6° 11' S	106° 50' E	4.15	4.59	5	4.94	4.88	4.71	5.09	5.46	5.66	5.36	4.76	4.47	5.03
IR	Tehran	35° 40' N	51° 26' E	2.23	2.84	3.72	5.12	5.99	7.32	7.2	6.41	5.59	3.9	2.61	2.02	4.58
IN	New Delhi	28° N	77° E	3.68	4.47	5.5	6.6	7.08	6.55	5.01	4.62	5.11	4.99	4.15	3.42	5.1
IN	Bombay	18° 33' N	72° 32' E	5.22	6.03	6.66	7.05	6.77	4.59	3.54	3.4	4.72	5.39	5.15	4.8	5.28
JP	Tokyo	35° 45' N	139° 38' E	2.31	2.99	3.7	4.9	5.07	4.47	4.88	5.42	3.82	2.98	2.5	2.23	4
KH	Phnom penh	11° 33' N	104° 51' E	5.27	5.78	6.02	5.76	5.09	4.3	4.55	4.07	4.34	4.41	4.88	5.03	4.85
KR	Seoul	37° 31' N	127° E	2.62	3.4	4.29	5.24	5.63	5.15	4.26	4.55	3.99	3.64	2.6	2.24	4.16
LA	Vientiane	18° 07' N	102° 35' E	4.3	4.94	5.52	5.74	5.11	4.24	4.22	4.19	4.61	4.26	4.21	4.24	4.63
LB	Beirut	33° 54' N	35° 28' E	2.64	3.4	4.63	6.03	6.96	7.9	7.84	7.19	6.13	4.5	3.14	2.44	5.68
MM	Yangon	16° 47' N	96° 09' E	5.4	6.06	6.65	6.69	5.14	3.24	3.3	2.99	4.12	4.51	4.82	5.05	4.65
MY	Kuala Lumpur	3° 07' N	101° 42' E	4.54	5.27	5.14	5.05	4.8	4.98	4.91	4.78	4.54	4.51	4.23	4.07	4.7
PH	Manila	14° 37' N	120° 58' E	4.82	5.62	6.42	6.75	6.19	4.96	4.94	4.41	4.86	4.63	4.59	4.5	5.22
SG	Singapore City	1° N	103° E	4.43	5.52	5.05	5.05	4.62	4.66	4.51	4.61	4.49	4.5	3.98	3.93	4.61
TH	Bang Kok	13° 45' N	100° 30' E	4.42	4.65	4.84	5.03	4.75	3.77	4.22	3.46	3.63	3.89	4.16	4.4	4.27
VN	Hanoi	21° N	105° 54' E	2.52	2.94	3.81	4.34	4.66	4.51	4.62	4.62	4.57	3.64	3.29	3.17	3.89
YE	Aden	12° 50' N	45° 02' E	5.45	5.78	6.52	6.48	6.71	6.72	6.33	6.33	6.41	6.54	5.99	5.39	6.22



Nước - vùng: Việt nam

Tỉnh/ Bang: n/a

Vị trí dữ liệu khí hậu: Ho Chi Minh/Tansonn

Vĩ độ: °N 10.8

Kinh độ: °E 106.7

Cao độ: m 5

Nhiệt độ thiết kế cấp nhiệt: °C 21.1

Nhiệt độ thiết kế làm lạnh: °C 34.7

Biên độ nhiệt độ trái đất: °C 8.4

Nguồn: Đất

	Nhiệt độ ngoài trời	Độ ẩm tương đối	Bức xạ mặt trời hàng ngày - đường ngang	Áp suất khí quyển	Tốc độ gió	Nhiệt độ trái đất	Cấp nhiệt độ - ngày	Độ làm lạnh các ngày
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-bng	°C-bng
Th.	26.5	72.0%	5.26	100.7	2.4	26.8	0	512
Giêng	27.2	70.2%	5.67	100.7	3.0	28.0	0	482
Th.	28.4	69.9%	6.01	100.6	3.4	29.1	0	570
Hai	29.5	72.5%	5.85	100.4	3.4	29.2	0	585
Th.	29.0	77.8%	5.17	100.3	3.0	28.5	0	589
Ba	28.0	82.3%	4.85	100.3	3.2	27.6	0	540
Th.	27.5	83.2%	4.78	100.3	3.4	27.2	0	543
Tư	27.4	83.5%	4.63	100.3	3.6	27.1	0	539
Th.	27.3	84.5%	4.72	100.4	2.8	27.1	0	519
Năm	26.9	84.8%	4.57	100.5	2.3	27.0	0	524
Th.	26.8	80.3%	4.79	100.6	2.3	26.1	0	504
Sáu	26.2	76.2%	4.78	100.7	2.2	25.9	0	502
Hàng năm	27.6	78.2%	5.09	100.5	2.9	27.5	0	6,409
Nguồn	Đất	Đất	NASA	NASA	Đất	NASA	Đất	Đất

Đo tại: m 10 0

☒
☐
☐
☐

Dựa vào bảng thông số trên ta thấy thời điểm vào khoảng tháng 8 => tháng 10 có thông số bức xạ nhỏ nhất vì đây đang là mùa mưa. Ta chọn bức xạ mặt trời tại thành phố Hồ chí Minh trung bình trong ngày là:

$$Q_s = 4.57 \text{ kWh/m}^2/\text{d}.$$

Chọn hiệu suất hấp thụ bức xạ nhiệt của collector dạng ống là $\eta = 0.702$

Diện tích mái nhà: $S_m = 9.2 \times 8 = 73.6 \text{ m}^2$

Hệ thống collector dạng ống hấp thụ năng lượng mặt trời được phân bố một phần mái nhà có diện tích $S_c = 25 \text{ m}^2$

Tổng năng lượng Collector nhận được trong ngày.

$$Q_c = Q_s \times S_c \times \eta = 4.57 \times 25 \times 0.702 = 80.2 \text{ kWh.}$$

Theo tính toán ở phần trước (3.2), nhiệt lượng cần thiết cấp cho dung dịch tại bình phát sinh là: $Q_g = 2.957 \text{ kW}$

Nhiệt lượng cần thiết để máy lạnh hoạt động liên tục 24h là:

$$Q_t = 24 \times 2.957 = 70.968 \text{ kWh}$$

Ta thấy $Q_c > Q_t$

Kết luận: hệ thống có thể cung cấp lạnh cho căn hộ một cách liên tục 24/24h.

The screenshot shows a software interface for climate data analysis. It includes input fields for location (Vietnam, n/a, Hanoi/Noibai Int), coordinates (21.0°N, 105.8°E), and various temperature and humidity settings. Below the inputs is a table of climate data for a specific location, showing daily and monthly averages for various parameters.

	Nhiệt độ ngoài trời	Độ ẩm tương đối	Bức xạ mặt trời hàng ngày - đường ngang	Áp suất khí quyển	Tốc độ gió	Nhiệt độ trái đất	Cấp nhiệt độ - ngày	Độ làm lạnh các ngày
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-bng	°C-bng
Th.	17.0	80.3%	2.34	97.5	2.3	12.1	31	217
Giêng	17.9	83.2%	2.67	97.3	2.4	14.2	3	221
Th.	20.3	85.5%	2.80	97.0	2.2	18.2	0	319
Hai	24.3	85.1%	3.27	96.7	2.5	22.4	0	429
Th.	27.4	81.5%	4.77	96.4	2.4	24.9	0	539
Ba	29.3	80.2%	5.69	96.1	2.2	26.6	0	579
Th.	29.3	81.8%	5.16	96.0	2.3	26.8	0	598
Tư	28.7	83.8%	5.09	96.1	1.9	26.4	0	580
Th.	27.8	81.2%	4.86	96.6	1.8	24.5	0	534
Năm	25.4	78.8%	4.19	97.1	2.0	21.2	0	477
Th.	22.2	77.1%	3.68	97.4	2.0	17.5	0	366
Sáu	18.4	75.9%	2.92	97.6	2.0	13.4	0	260
Hàng năm	24.0	81.2%	3.96	96.8	2.2	20.7	34	5,121
Nguồn	Đất	Đất	Đất	NASA	Đất	NASA	Đất	Đất

Đo tại: m 10 0

Dựa vào bảng thông số trên ta thấy thời điểm vào khoảng tháng 11 => tháng 3 có thông số bức xạ nhỏ nhất vì đây đang là mùa đông ở miền Bắc, thời tiết rất lạnh nên sẽ không dùng máy lạnh. Ta chỉ tính từ tháng 4 đến tháng 10. Chọn bức xạ mặt trời tại thành phố Hà Nội trung bình trong ngày là:

$$Q_s = 3.27 \text{ kWh/m}^2/\text{d}.$$

Chọn hiệu suất hấp thụ bức xạ nhiệt của collector dạng ống là $\eta = 0.702$

$$\text{Diện tích mái nhà: } S_m = 9.2 \times 8 = 73.6 \text{ m}^2$$

Hệ thống collector dạng ống hấp thụ năng lượng mặt trời được phân bố một phần mái nhà có diện tích $S_c = 35 \text{ m}^2$

Tổng năng lượng Collector nhận được trong ngày.

$$Q_c = Q_s \times S_c \times \eta = 3.27 \times 35 \times 0.702 = 80.3 \text{ kWh}.$$

Theo tính toán ở phần trước (3.2), nhiệt lượng cần thiết cấp cho dung dịch tại bình phát sinh là: $Q_g = 2.957 \text{ kW}$

Nhiệt lượng cần thiết để máy lạnh hoạt động liên tục 24h là:

$$Q_t = 24 \times 2.957 = 70.968 \text{ kWh}$$

Ta thấy $Q_c > Q_t$

Kết luận: hệ thống có thể cung cấp lạnh cho căn hộ một cách liên tục 24/24h.

Chương 4: SO SÁNH MÁY LẠNH HẤP THỤ VỚI MÁY LẠNH THÔNG THƯỜNG DÙNG ĐIỆN.

4.1 Tính công suất điện đáp ứng cho nhu cầu lạnh trong năm

Chọn hiệu suất tiêu thụ điện của máy lạnh là $n = 0.8$

Công suất điện cần thiết để tạo ra 2.25 Kw lạnh

$$Q_d = 2.25 / 0.8 = 2.8125 \text{ Kw}$$

Giả sử nhu cầu lạnh của căn hộ trung bình là 10h / ngày và máy lạnh chạy khoảng 75% công suất vì có lúc chạy, lúc nghỉ.

Tổng công suất tiêu thụ điện trong năm là:

$$Q_n = 2.8125 \times 4 \times 24 \times 365 \times 65 \% = 73912.5 \text{ kWh}$$

Chọn giá điện thấp nhất của điện lực thành phố Hồ Chí Minh là: 990 Vnd / 1Kwh

Số tiền phải trả trong năm là: $73912.5 \times 990 = 73\,173\,375 \text{ Vnd}$

4.2 So sánh hiệu quả của máy lạnh hấp thụ so với máy lạnh dùng điện & kết luận.

Như đã nói ở các phần trước, việc sử dụng máy lạnh hấp thụ có ý nghĩa rất lớn về môi trường và tiết kiệm năng lượng. Qua kết quả tính toán đã cho chúng ta thấy rõ hơn về lợi ích của máy lạnh hấp thụ. Nếu dùng điện chúng ta sẽ phải mất hơn 70 triệu. Tuy nhiên chi phí đầu tư sẽ cao.

Bài viết này tác giả không đi sâu vào chi phí đầu tư vì chủ yếu là dựa trên quan điểm là nghiên cứu công nghệ mới để tiết kiệm năng lượng, bảo vệ môi trường. Tác giả tin rằng trong thời gian sắp tới sẽ có nhiều ứng dụng rộng rãi hơn về lĩnh vực máy lạnh hấp thụ.

4.3 Kết luận

- Máy lạnh hấp thụ là giải pháp góp phần bảo vệ môi trường và tiết kiệm năng lượng.
- Máy lạnh hấp thụ có rất ít chi tiết chuyển động, kết cấu đơn giản. Vì vậy, việc vận hành máy lạnh khá đơn giản, độ tin cậy cao, làm việc ít ồn và rung.

- Chi phí vận hành thấp và có thể áp dụng ở những nơi thiếu điện.
- Có thể được áp dụng trên cả nước.
- Trong tương lai có thể sẽ được sử dụng rộng rãi hơn và thay thế máy lạnh nén hơi.

4.4 Các kết quả đề tài đã làm được

- Phân tích kết cấu và nguyên lý hoạt động của máy lạnh hấp thụ và so sánh với các loại máy lạnh khác.
- Phân tích hiệu quả các nguồn năng lượng sử dụng cho máy lạnh hấp thụ (Chủ yếu là năng lượng mặt trời)
- Đề xuất mô hình máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời cho căn hộ.
- Tính toán thiết kế sơ bộ máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ làm hệ thống điều hòa không khí cho căn hộ cao cấp.
- Kiểm tra đáp ứng năng lượng từ môi trường.
- So sánh hiệu quả kinh tế máy lạnh hấp thụ sử dụng năng lượng mặt trời với máy lạnh dùng điện cho căn hộ cao cấp

4.5 Những yếu tố cần bổ sung để tiến tới việc chế tạo máy lạnh hấp thụ vào mục đích thương mại hóa.

- Khảo sát nhu cầu của khách hàng về việc sử dụng máy lạnh hấp thụ.
- Nghiên cứu sâu hơn về lĩnh vực cơ khí, vật liệu để có thể chế tạo các bộ phận của máy lạnh đáp ứng các thông số kỹ thuật đã đưa ra.
- Nghiên cứu bộ điều khiển máy lạnh hoạt động một cách linh hoạt và tự động trong các trường hợp khác nhau.
- Giảm thiểu tối đa giá thành để có thể phân phối sản phẩm trong nhiều tầng lớp xã hội khác nhau.
- Vận động, tuyên truyền quảng bá tinh thần bảo vệ môi trường, tiết kiệm năng lượng và các sản phẩm liên quan.

4.6 Hướng phát triển của luận văn

- Ứng dụng các kết quả nghiên cứu của luận văn để thiết kế chế tạo máy lạnh hấp thụ $H_2O/LiBr$ sử dụng năng lượng mặt trời trong thực tế cho căn hộ, dần dần

thương mại hóa sản phẩm.

- Dự báo khả năng sử dụng máy lạnh hấp thụ năng lượng cho các vùng miền trên cả nước.

HUTECH

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Chí Hiệp (2008), *Máy lạnh hấp thụ trong kỹ thuật điều hòa không khí*, NXB Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.
- [2]. Lê Chí Hiệp (2001), *Kỹ thuật điều hòa không khí*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [3]. Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy (1996), *Bài tập kỹ thuật lạnh*, NXB Giáo dục.
- [4]. Nguyễn Đức Lợi (2008), *Giáo trình thiết kế hệ thống lạnh*, NXB Giáo dục.
- [5]. Hoàng An Quốc (2004), *Xây dựng phần mềm thiết kế máy lạnh hấp thụ H₂O-LiBr*, Luận văn Thạc sĩ.
- [6]. Hoàng Đình Tín, Lê Chí Hiệp (1997), *Nhiệt động lực học kỹ thuật*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [7]. R. Palacios Bereche, R. Gonzales Palomino, S. A. Nebra1, Thermoeconomic analysis of a single and double-effect H₂O/LiBr absorption refrigeration System, Interdisciplinary Centre of Energy Planning, University of Campinas - UNICAMP, Campinas, Brazil.
- [8]. http://www.minhha.vn/panel_generation_factor.html
- [9]. <http://www.google.com> Absorption chiller.
- [10]. <http://www.google.com> A review of absorption refrigeration technologies.
- [11]. <http://www.google.com> Absorption refrigeration.
- [12]. <http://www.mcquay.com> Absorption chiller. [26]. <http://www.robur.com> Absorption chiller.

**CÁC BẢNG SỐ LIỆU VỀ CÁC TÍNH CHẤT NHIỆT ĐỘNG VÀ
CÁC BẢNG VỀ CÁC THÔNG SỐ NHIỆT VẬT LÝ CỦA DUNG
DỊCH H₂O/LiBr**

(Nguồn từ sách Lê Chí Hiệp (2008), *Máy lạnh hấp thụ trong kỹ thuật điều hòa không khí*, NXB Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh.)

Bảng 1: Áp suất bão hòa (kPa) của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C													
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
0	0,6106	1,2266	2,3371	4,2410	7,3754	12,335	19,918	31,171	47,356	70,114	101,33	143,32	198,52	270,11
5	0,5986	1,2012	2,2931	4,1596	7,2260	12,079	19,518	30,544	46,409	68,714	99,325	140,39	194,65	264,91
10	0,5813	1,1666	2,2398	4,0396	7,0261	11,746	18,972	29,691	45,129	66,794	96,658	136,66	189,45	257,98
15	0,5586	1,1226	2,1465	3,8800	6,7594	11,306	18,265	28,598	43,463	64,394	93,192	131,86	182,65	248,91
20	0,5306	1,0666	2,0265	3,6930	6,4261	10,759	17,398	27,198	41,463	61,461	88,926	125,86	174,65	237,85
25	0,4933	0,9946	1,8798	3,4530	6,0128	10,066	16,292	25,598	38,930	57,595	83,460	118,26	164,12	223,85
30	0,4453	0,8986	1,6932	3,1331	5,4529	9,1592	14,839	23,331	35,464	52,662	76,527	108,39	150,79	206,65
35	0,3853	0,7773	1,4932	2,7198	4,7463	7,9993	12,986	20,398	31,197	46,529	67,728	96,258	134,12	183,98
40	0,3120	0,6333	1,2132	2,2265	3,9200	6,6128	10,799	17,065	26,264	39,197	57,328	81,726	114,39	158,65
45	0,2293	0,4693	0,9066	1,6798	2,9731	5,0662	8,3326	13,279	20,532	31,064	45,596	65,594	92,392	130,66
50	0,1466	0,3040	0,5933	1,1199	2,0132	3,4797	5,8262	9,4259	14,799	22,665	33,597	48,662	69,061	94,659
55	0,0773	0,1663	0,3360	0,6533	1,1999	2,1332	3,6397	6,0262	9,2659	14,332	21,731	31,997	46,663	66,661
60	-	0,0813	0,1733	0,3600	0,6933	1,2532	2,1332	3,5864	5,7995	9,1992	14,132	21,332	31,197	45,063
65	-	-	-	0,2000	0,3933	0,7266	1,2932	2,1998	3,6664	5,7328	8,7992	13,332	19,732	28,531
70	-	-	-	-	-	-	-	1,2599	2,1065	3,4397	5,3995	8,266	12,132	17,465

Bảng 2: Entanpy (kJ/kg) của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C													
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
0	418,7	460,5	502,4	544,3	586,2	628,0	669,9	711,8	753,6	795,5	837,8	880,1	922,4	965,1
5	392,7	432,1	471,8	511,2	550,6	590,3	629,7	669,5	708,8	748,2	788,0	829,0	868,3	908,5
10	367,2	404,4	441,7	478,1	515,4	552,7	589,9	627,6	664,4	702,1	739,4	778,3	814,8	852,8
15	342,1	376,8	411,1	445,9	481,1	516,2	551,0	586,2	621,3	656,5	692,1	727,7	762,8	798,8
20	317,8	349,2	381,4	414,1	446,7	479,8	512,5	545,5	578,6	611,7	644,8	678,7	711,3	744,4
25	293,5	322,8	352,5	383,5	413,7	444,6	475,6	506,2	537,2	568,1	598,7	630,5	661,1	692,9
30	270,5	297,3	324,9	353,4	381,4	410,7	439,2	468,1	496,6	525,9	554,8	584,1	612,9	642,2
35	247,8	272,6	298,1	324,5	350,8	377,6	404,4	431,2	458,4	485,2	512,0	539,7	566,5	593,3
40	227,3	249,5	273,0	297,7	322,4	347,5	372,2	397,3	422,4	448,0	472,7	498,6	523,4	548,5
45	208,9	229,4	251,2	273,8	297,3	320,3	343,7	367,2	391,0	414,1	437,9	461,8	485,2	508,7
50	195,1	213,9	234,0	255,4	276,7	298,5	321,1	343,3	365,9	388,5	411,6	434,6	457,6	480,6
55	189,2	206,4	225,7	245,3	265,9	286,4	307,3	328,7	350,0	371,4	393,1	414,9	436,7	458,0
60	-	209,8	227,3	245,8	265,4	285,1	304,8	324,9	345,0	365,3	386,0	406,1	427,0	447,6
65	-	-	-	254,6	270,9	289,7	309,4	328,2	347,1	365,5	385,2	404,9	424,1	443,0
70	-	-	-	-	-	-	-	335,4	352,5	370,5	388,1	406,1	423,7	440,4

Bảng 3: Entanpy (kJ/kg) của hơi cân bằng với dung dịch lỏng sôi

Nồng độ, %	Áp suất của dung dịch lỏng sôi, Pa (mmHg)													
	267 (2)	400 (3)	667 (5)	933 (7)	1333 (10)	2666 (20)	4000 (30)	6666 (50)	9333 (70)	13322 (100)	26664 (200)	40000 (300)	66661 (500)	101325 (760)
0	-	-	2921,5	2929,9	2940,0	2960,1	2972,6	2989,0	3000,3	3012,8	3038,8	3055,1	3075,6	3094,5
5	-	-	2922,0	2930,8	2940,8	2960,5	2973,0	2989,8	3001,1	3013,6	3040,0	3055,9	3076,9	3095,7
10	-	-	2923,2	2931,6	2941,6	2961,7	2974,3	2990,6	3002,4	3014,4	3041,3	3057,6	3078,6	3097,4
15	-	-	2924,1	2932,8	2942,5	2962,6	2975,1	2992,3	3003,6	3016,2	3043,4	3059,7	3080,2	3099,5
20	-	-	2925,3	2934,1	2944,2	2964,2	2977,2	2994,0	3005,3	3018,3	3045,5	3061,8	3082,7	3102,4
25	-	-	2926,2	2935,8	2946,2	2966,8	2979,3	2996,5	3008,2	3021,2	3048,0	3064,7	3086,1	3106,2
30	-	-	2929,5	2939,1	2949,2	2970,1	2982,7	2999,8	3011,6	3024,5	3052,6	3069,3	3091,5	3111,6
35	-	2920,3	2933,7	2942,5	2953,0	2973,9	2986,9	3004,9	3017,0	3030,4	3058,4	3075,6	3098,2	3118,7
40	-	2925,3	2939,1	2948,8	2958,8	2980,6	2993,6	3012,0	3024,5	3037,9	3066,8	3084,0	3107,4	3128,4
45	2923,2	2933,3	2947,5	2957,1	2968,0	2989,8	3003,6	3022,4	3034,6	3048,8	3078,1	3096,1	3120,0	3141,4
50	2934,5	2945,0	2958,8	2968,9	2979,7	3002,4	3014,9	3035,8	3048,0	3063,1	3093,2	3112,5	3138,4	3160,2
55	2950,0	2961,3	2976,4	2986,4	2997,7	3020,8	3035,4	3054,7	3068,5	3083,2	3114,1	3133,0	3158,1	3181,1
60	2967,6	2979,3	2993,1	3003,6	3015,8	3039,2	3053,8	3073,9	3087,8	3103,7	3135,1	3163,1	3182,8	3205,8
65	2983,1	2994,4	3010,3	3021,6	3032,9	3056,8	3072,7	3094,5	3109,1	3125,0	3158,5	3179,9	3209,6	3234,3
70	-	-	-	-	-	3077,7	3094,5	3116,6	3132,1	3147,6	3184,9	3206,7	3239,3	3264,9

Bảng 4: Entropy (kJ/kg.°K) của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C													
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
0	3,404	3,554	3,701	3,839	3,977	4,107	4,237	4,358	4,480	4,597	4,710	4,823	4,932	5,037
5	3,299	3,437	3,576	3,710	3,853	3,961	4,082	4,199	4,312	4,421	4,530	4,639	4,739	4,840
10	3,178	3,312	3,437	3,563	3,684	3,802	3,915	4,024	4,132	4,273	4,338	4,442	4,534	4,631
15	3,052	3,178	3,295	3,412	3,525	3,634	3,743	3,848	3,948	4,044	4,141	4,237	4,325	4,417
20	2,926	3,044	3,153	3,262	3,366	3,471	3,571	3,672	3,768	3,860	3,948	4,040	4,120	4,204
25	2,797	2,901	3,006	3,107	3,203	3,303	3,395	3,488	3,580	3,663	3,747	3,831	3,910	3,986
30	2,650	2,746	2,843	2,935	3,027	3,119	3,207	3,291	3,374	3,458	3,534	3,613	3,684	3,756
35	2,500	2,587	2,675	2,759	2,847	2,931	3,010	3,094	3,169	3,245	3,320	3,391	3,458	3,521
40	2,349	2,428	2,508	2,593	2,671	2,751	2,826	2,901	2,973	3,044	3,111	3,178	3,241	3,299
45	2,198	2,273	2,345	2,420	2,495	2,566	2,642	2,709	2,780	2,843	2,910	2,968	3,031	3,081
50	2,039	2,110	2,177	2,244	2,315	2,382	2,453	2,520	2,583	2,650	2,709	2,772	2,826	2,880
55	1,888	1,951	2,018	2,081	2,148	2,211	2,278	2,340	2,399	2,462	2,520	2,575	2,629	2,680
60	-	1,796	1,855	1,913	1,976	2,039	2,102	2,160	2,219	2,278	2,332	2,382	2,432	2,483
65	-	-	-	1,784	1,838	1,892	1,951	2,005	2,060	2,110	2,164	2,215	2,261	2,303
70	-	-	-	-	-	-	-	1,884	1,930	1,980	2,026	2,072	2,114	2,152

Bảng 5: Entropy (kJ/kg.°K) của hơi cân bằng với dung dịch lỏng sôi

Nồng độ, %	Áp suất của dung dịch lỏng sôi, Pa (mmHg)													
	267 (2)	400 (3)	667 (5)	933 (7)	1333 (10)	2666 (20)	4000 (30)	6666 (50)	9333 (70)	13322 (100)	26664 (200)	40000 (300)	66661 (500)	101325 (760)
0	-	-	12,560	12,439	12,313	12,062	11,916	11,736	11,618	11,493	11,254	11,116	10,944	10,802
5	-	-	12,565	12,443	12,318	12,066	11,916	11,740	11,622	11,497	11,258	11,116	10,944	10,802
10	-	-	12,569	12,452	12,318	12,070	11,920	11,744	11,627	11,501	11,258	11,120	10,948	10,806
15	-	-	12,569	12,456	12,322	12,075	11,924	11,748	11,631	11,505	11,262	11,124	10,953	10,814
20	-	-	12,573	12,464	12,326	12,079	11,932	11,752	11,635	11,510	11,267	11,133	10,961	10,819
25	-	-	12,581	12,472	12,334	12,087	11,941	11,761	11,639	11,518	11,279	11,141	10,969	10,831
30	-	-	12,590	12,477	12,343	12,100	11,949	11,769	11,652	11,526	11,292	11,154	10,982	10,844
35	-	12,786	12,606	12,489	12,355	12,116	11,966	11,786	11,669	11,543	11,308	11,170	10,999	10,860
40	-	12,816	12,632	12,506	12,376	12,138	11,987	11,807	11,690	11,564	11,329	11,196	10,024	10,886
45	12,996	12,845	12,661	12,535	12,410	12,167	12,016	11,836	11,719	11,597	11,363	11,225	10,053	10,919
50	13,042	12,883	12,699	12,569	12,456	12,204	12,054	11,878	11,932	11,639	11,401	11,271	11,099	10,965
55	13,092	12,937	12,749	12,632	12,502	12,259	12,112	11,926	11,815	11,694	11,459	11,321	11,154	11,011
60	13,146	13,000	12,803	12,690	12,556	12,318	12,167	11,987	11,870	11,748	11,514	11,380	11,212	11,074
65	13,205	13,054	12,862	12,740	12,619	12,368	12,221	12,041	11,928	11,807	11,572	11,442	11,279	11,141
70	13,268	13,105	12,912	12,799	12,665	12,426	12,280	12,104	11,987	11,865	11,635	11,510	11,350	11,212

Bảng 6: Khối lượng riêng (kg/m³) của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	999,8	999,7	998,2	995,7	992,2	988,0	983,2	977,8	971,8	965,3	958,4
5	1036	1036	1034	1032	1028	1024	1015	1007	998	988	977
10	1075	1074	1072	1069	1065	1060	1054	1046	1036	1025	1012
15	1118	1116	1113	1110	1106	101	1096	1090	1082	1074	1065
20	1164	1162	1159	1155	1151	1146	1141	1135	1129	1123	1116
25	1215	1212	1208	1204	1198	1193	1188	1183	1178	1172	1166
30	1267	1263	1259	1255	1250	1245	1240	1234	1228	1222	1216
35	1326	1322	1317	1312	1307	1302	1297	1292	1287	1282	1276
40	1391	1386	1381	1376	1371	1366	1361	1356	1351	1346	1341
45	1463	1458	1452	1446	1440	1435	1430	1425	1420	1415	1409
50	1544	1539	1533	1527	1521	1515	1509	1503	1497	1491	1485
55	1632	1627	1622	1616	1610	1603	1596	1590	1584	1578	1571
60	-	1725	1719	1712	1706	1699	1692	1686	1679	1672	1665
65	-	-	-	-	1810	1803	1795	1787	1779	1772	1764
70	-	-	-	-	-	-	-	-	1926	1915	1904

Bảng 7: Nhiệt dung riêng đẳng áp (kJ/kg.độ) của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C													
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
0	4,216	4,191	4,183	4,178	4,178	4,183	4,187	4,191	4,195	4,204	4,216	4,229	4,245	4,266
5	3,936	3,940	3,944	3,948	3,958	3,961	3,965	3,969	3,977	3,986	3,994	4,007	4,019	4,036
10	3,663	3,688	3,705	3,714	3,718	3,726	3,735	3,739	3,743	3,751	3,760	3,768	3,781	3,789
15	3,400	3,450	3,483	3,492	3,496	3,504	3,508	3,525	3,534	3,542	3,546	3,550	3,559	3,563
20	3,140	3,203	3,249	3,266	3,278	3,291	3,295	3,303	3,312	3,320	3,324	3,324	3,328	3,328
25	2,885	2,964	3,023	3,048	3,065	3,073	3,081	3,090	3,098	3,102	3,107	3,111	3,111	3,111
30	2,646	2,734	2,805	2,834	2,859	2,872	2,885	2,893	2,897	2,901	2,901	2,906	2,901	2,901
35	2,424	2,533	2,600	2,633	2,659	2,671	2,684	2,692	2,696	2,700	2,700	2,696	2,696	2,696
40	2,219	2,315	2,403	2,453	2,474	2,495	2,504	2,516	2,520	2,525	2,520	2,516	2,508	2,504
45	2,026	2,131	2,232	2,278	2,311	2,332	2,349	2,357	2,366	2,370	2,366	2,366	2,366	2,361
50	1,842	1,959	2,081	2,135	2,173	2,194	2,211	2,219	2,223	2,223	2,219	2,219	2,219	2,219
55	1,687	1,809	1,951	2,010	2,047	2,068	2,085	2,098	2,106	2,110	2,110	2,110	2,110	2,110
60	-	-	1,842	1,901	1,938	1,959	1,980	1,993	2,001	2,010	2,018	2,018	2,018	2,018

Bảng 8: Hệ số dẫn nhiệt (W/m.độ) của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
0	0,552	0,578	0,598	0,614	0,628	0,641	0,651	0,661	0,669
5	0,541	0,565	0,585	0,601	0,614	0,627	0,637	0,647	0,655
10	0,528	0,552	0,571	0,587	0,600	0,613	0,622	0,632	0,640
15	0,514	0,537	0,556	0,571	0,584	0,597	0,606	0,614	0,623
20	0,499	0,522	0,541	0,555	0,568	0,579	0,588	0,597	0,605
25	0,484	0,506	0,524	0,538	0,550	0,562	0,571	0,579	0,586
30	0,468	0,490	0,506	0,520	0,531	0,543	0,551	0,559	0,566
35	0,452	0,473	0,490	0,502	0,514	0,524	0,534	0,541	0,548
40	0,437	0,457	0,473	0,486	0,498	0,507	0,516	0,523	0,529
45	0,423	0,442	0,457	0,470	0,481	0,491	0,499	0,506	0,512
50	0,409	0,428	0,442	0,455	0,465	0,474	0,481	0,488	0,495
55	3,393	0,412	0,426	0,437	0,448	0,457	0,464	0,470	0,477
60	-	-	0,408	0,419	0,428	0,437	0,444	0,450	0,456

Bảng 9: Độ nhớt động lực học ($\mu \cdot 10^2$, Pa.s) của dung dịch H₂O/LiBr

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	1,789	1,038	1,003	0,798	0,652	0,546	0,466	0,404	0,355	0,315	0,283
5	1,844	1,388	1,086	0,877	0,72	0,609	0,528	0,463	0,419	0,376	0,342
10	1,936	1,482	1,179	0,962	0,794	0,679	0,600	0,534	0,477	0,436	0,394
15	2,069	1,585	1,269	1,044	0,863	0,738	0,646	0,578	0,520	0,473	0,442
20	2,213	1,708	1,379	1,132	0,944	0,802	0,707	0,636	0,576	0,528	0,480
25	2,406	1,841	1,511	1,24	1,03	0,871	0,772	0,687	0,625	0,575	0,525
30	2,674	2,06	1,687	1,339	1,163	0,984	0,855	0,765	0,700	0,636	0,584
35	3,011	2,341	1,911	1,588	1,308	1,12	0,986	0,873	0,799	0,718	0,664
40	3,492	2,745	2,211	1,831	1,536	1,318	1,158	1,031	0,926	0,842	0,771
45	4,391	3,456	2,731	2,271	1,901	1,636	1,430	1,268	1,151	1,033	0,93
50	5,807	4,567	3,635	2,979	2,495	2,122	1,841	1,624	1,445	1,298	1,173
55	8,408	6,429	5,191	4,283	3,543	2,999	2,587	2,243	1,981	1,799	1,651
60	-	-	8,478	6,628	5,41	4,537	3,859	3,322	2,906	2,608	2,415
65	-	-	-	-	-	7,410	6,067	5,075	4,323	3,575	3,299

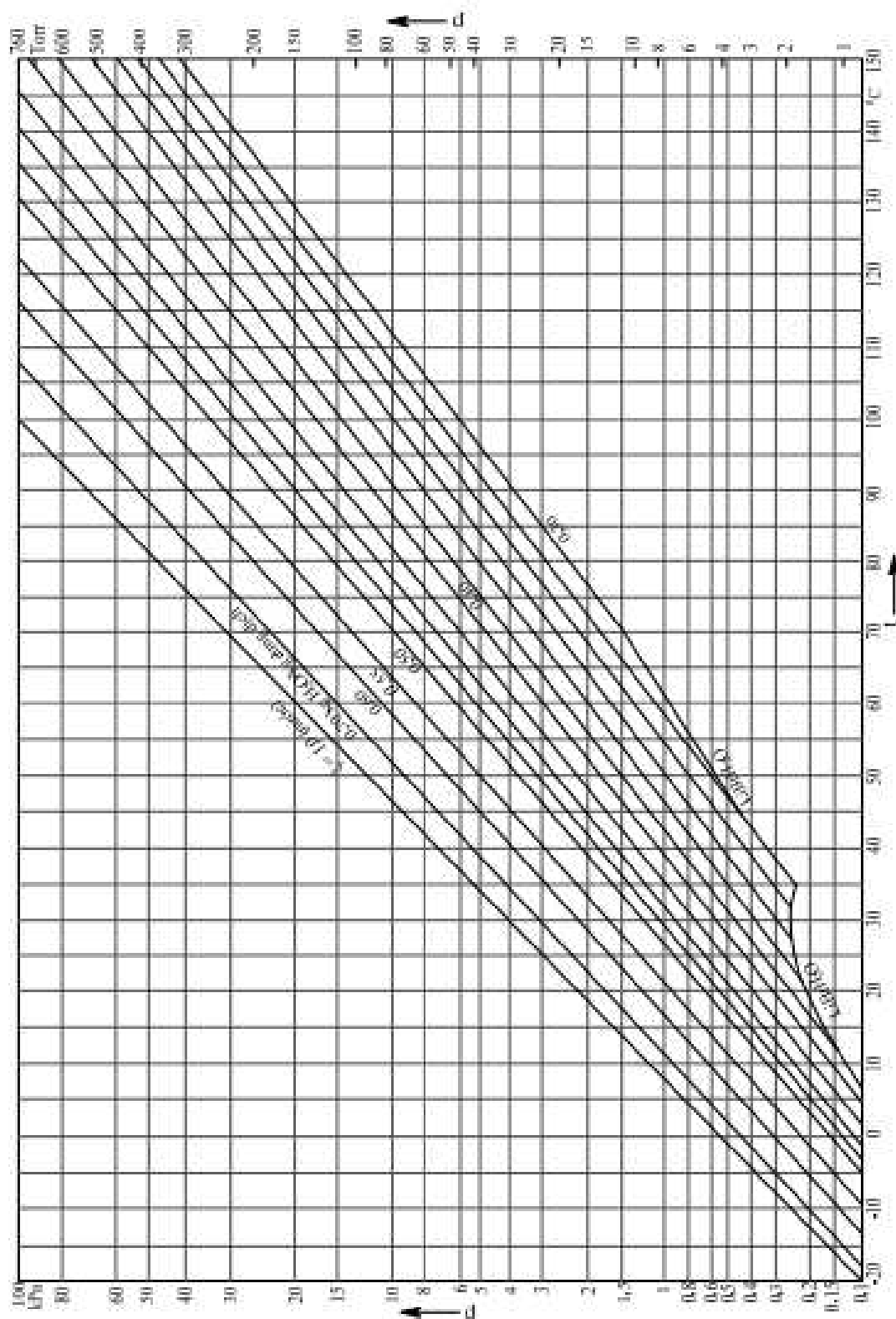
Bảng 10: Độ nhớt động học ($\nu \cdot 10^6, \text{m}^2/\text{s}$) của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	1,77	1,3	1,0	0,8	0,66	0,55	0,47	0,41	0,365	0,325	0,295
5	1,78	1,34	1,05	0,85	0,70	0,595	0,52	0,46	0,42	0,38	0,350
10	1,80	1,38	1,10	0,90	0,745	0,64	0,57	0,51	0,46	0,425	0,390
15	1,85	1,42	1,14	0,94	0,78	0,67	0,59	0,53	0,48	0,44	0,415
20	1,9	1,47	1,19	0,98	0,82	0,7	0,62	0,56	0,51	0,47	0,530
25	1,98	1,52	1,25	1,03	0,86	0,73	0,65	0,58	0,53	0,49	0,450
30	2,11	1,63	1,34	1,11	0,93	0,9	0,69	0,62	0,57	0,52	0,480
35	2,27	1,77	1,45	1,21	1,00	0,86	0,76	0,68	0,62	0,56	0,520
40	2,51	1,98	1,6	1,33	1,12	0,965	0,85	0,76	0,685	0,625	0,575
45	3,00	2,37	1,88	1,57	1,32	1,14	0,995	0,89	0,81	0,73	0,660
50	3,76	2,96	2,37	1,95	1,64	1,4	1,22	1,08	0,965	0,87	0,790
55	5,15	3,95	3,2	2,65	2,2	1,87	1,62	1,41	1,25	1,14	1,050
60	-	-	4,93	3,87	3,17	2,67	2,28	1,97	1,73	1,56	1,450
65	-	-	-	-	-	4,11	3,38	2,84	2,43	2,12	1,870

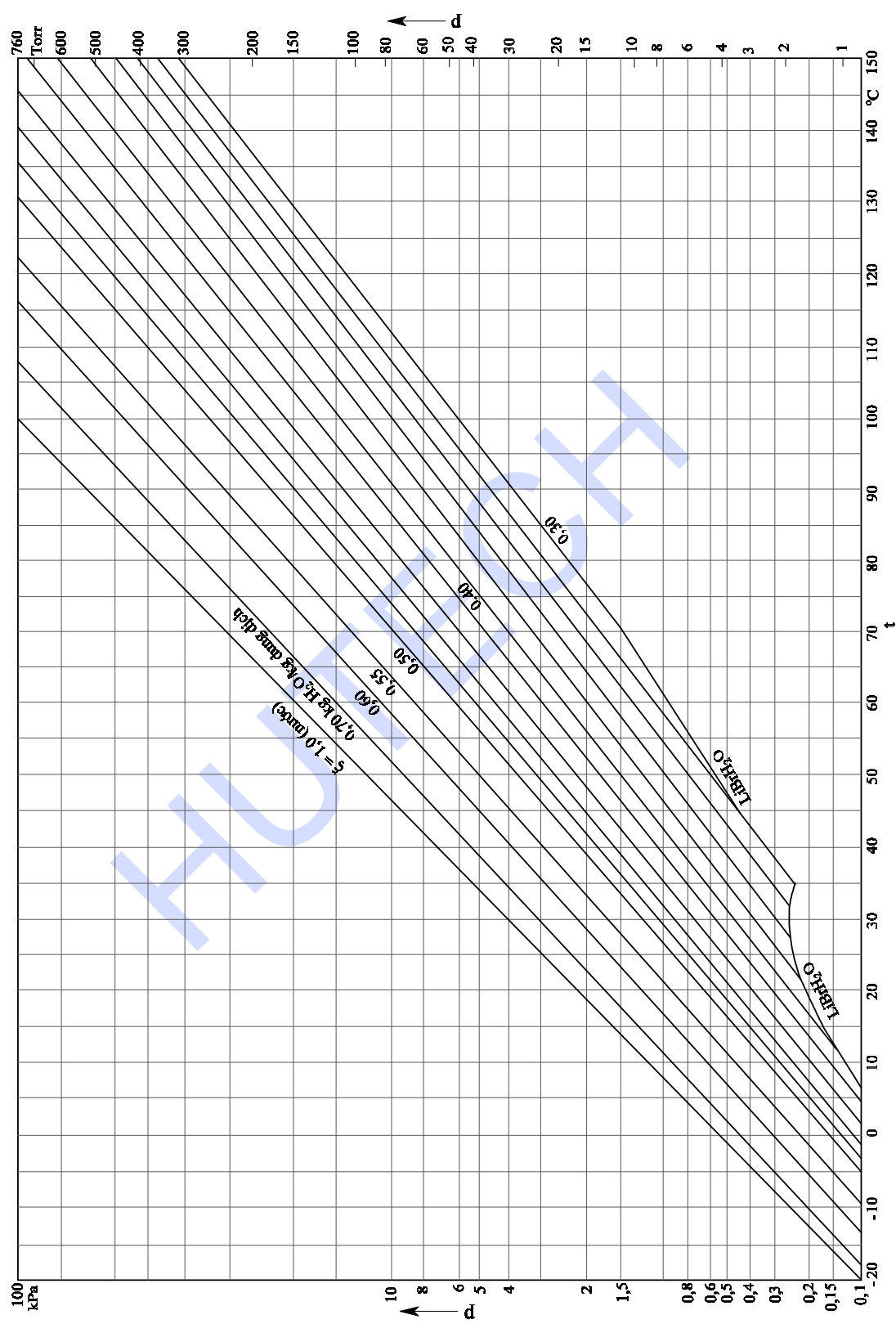
Bảng 11: Sức căng bề mặt ($\sigma \cdot 10^2, \text{N/m}$) của dung dịch $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$

Nồng độ, %	Nhiệt độ của dung dịch, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	7,66	7,45	7,26	7,07	6,92	6,71	6,58	6,42	6,26	6,11	5,95
5	7,70	7,51	7,34	7,18	7,01	6,86	6,73	6,59	6,48	6,36	6,23
10	7,76	7,60	7,43	7,29	7,13	7,00	6,88	6,77	6,66	6,56	6,45
15	7,85	7,69	7,53	7,39	7,24	7,12	6,99	6,89	6,79	6,69	6,62
20	7,93	7,79	7,65	7,51	7,37	7,24	7,14	7,04	6,94	6,87	6,76
25	8,04	7,90	7,77	7,63	7,50	7,36	7,26	7,16	7,07	7,00	6,91
30	8,18	8,04	7,91	7,75	7,65	7,52	7,41	7,31	7,27	7,15	7,07
35	8,32	8,17	8,05	7,93	7,79	7,68	7,58	7,49	7,41	7,32	7,25
40	8,46	8,29	8,20	8,08	8,02	7,87	7,77	7,68	7,60	7,52	7,44
45	8,65	8,52	8,39	8,28	8,17	8,07	7,98	7,88	7,82	7,75	7,65
50	8,86	8,74	8,61	8,51	8,40	8,30	8,21	8,14	8,05	7,98	7,91
55	9,10	8,97	8,87	8,78	8,67	8,57	8,49	8,40	8,33	8,26	8,19
60	-	-	9,17	9,05	8,95	8,86	8,78	8,69	8,62	8,55	8,51

Đồ thị $\lg P - 1/T$ của dung dịch $H_2O/LiBr$

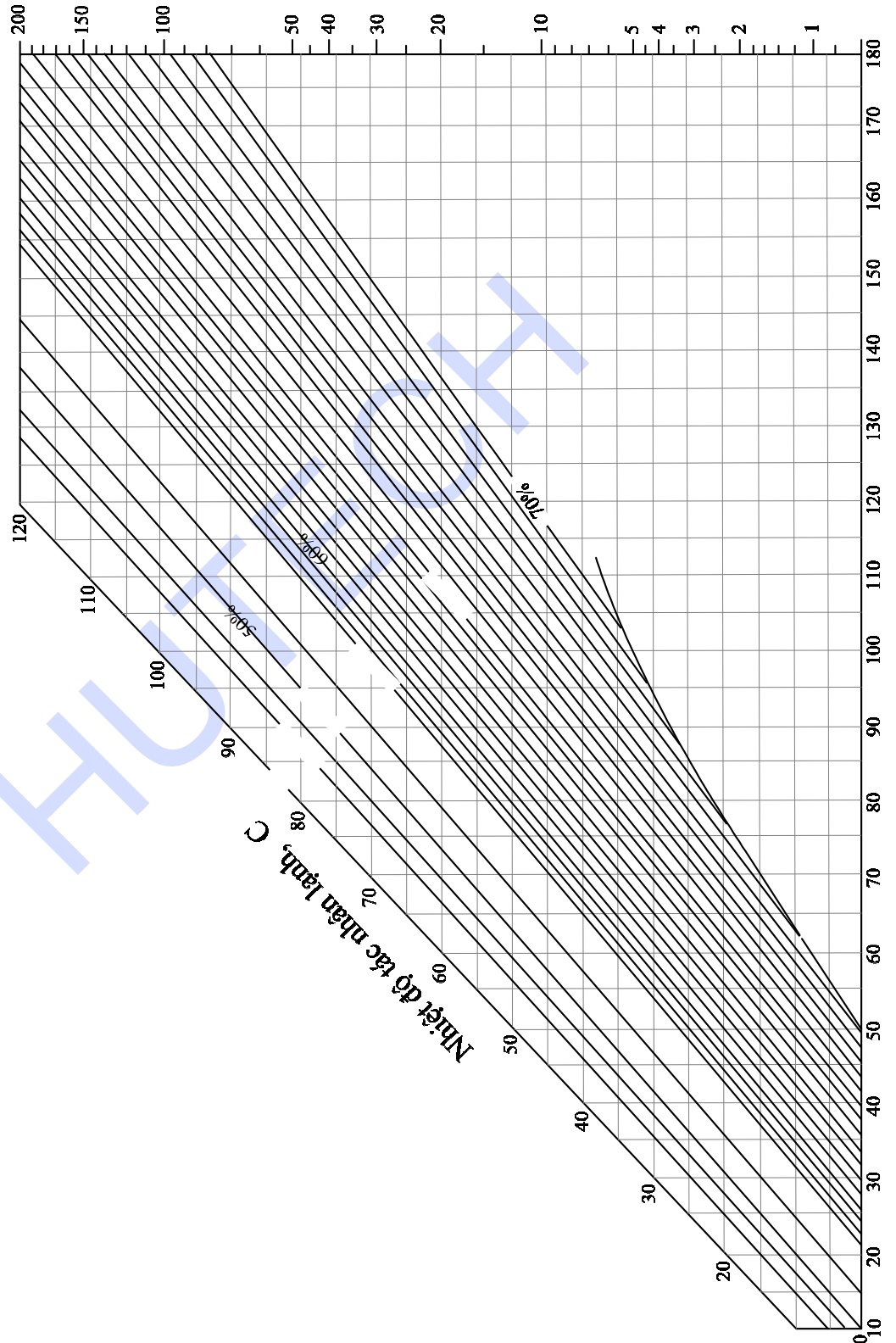


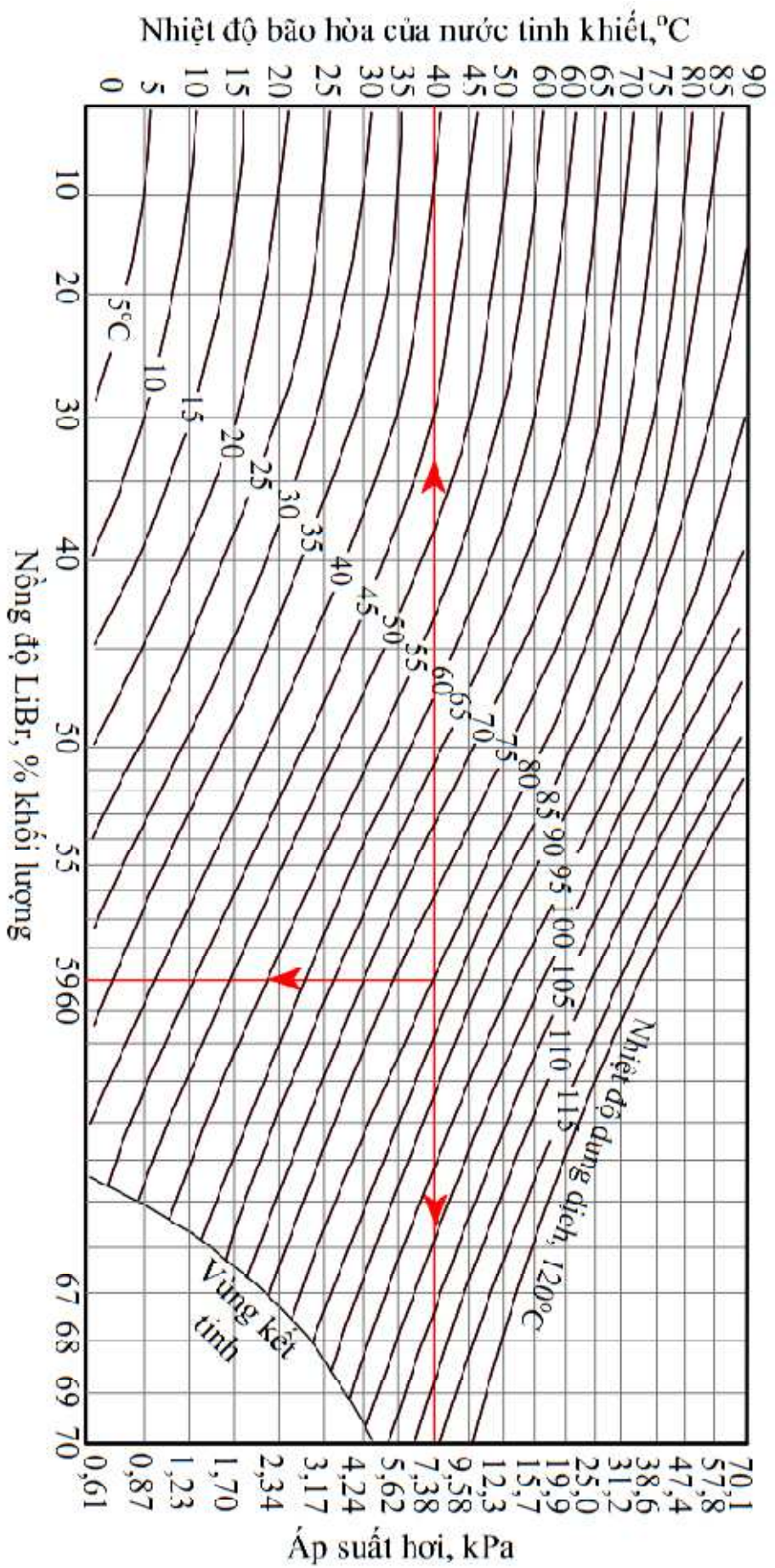
Đồ thị lgP – 1/T của dung dịch H₂O/LiBr



Đồ thị cân bằng của dung dịch H₂O/LiBr

Áp suất bão hòa (P), kPa





Đồ thị “Entanpi - nhiệt độ - nồng độ” của dung dịch $H_2O/LiBr$

