TS. NGUYỄN VĂN CƯƠNG (Chủ biên)
ThS. VÕ MẠNH DUY

Giáo trình

HỆ THỐNG MÁY VÀ THIẾT BỊ LẠNH

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC CẦN THƠ
2014

BIÊN MỤC TRÊN XUẤT BẢN THỰC HIỆN BỞI
TRUNG TÂM HỌC LIỆU TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ

Nguyễn, Văn Cương
Giáo trình hệ thống máy và thiết bị lạnh / Nguyễn Văn Cương, Võ Mạnh Duy.– Cần Thơ : Nxb. Đại học Cần Thơ, 2014

236 tr. : minh họa ; 24 cm
Sách có danh mục tài liệu tham khảo

1. Low temperature engineering
2. Thiết bị lạnh
3. Hệ thống máy

I. Nhan đề
II. Võ, Mạnh Duy

621.57– DDC 22
MFN 185605
C561

LỜI GIỚI THIỆU

Nhằm góp phần làm phong phú nguồn tư liệu phục vụ nghiên cứu, học tập cho bạn đọc trong và ngoài ngành Công nghệ nhiệt - khoa Công nghệ - Trường Đại học Cần Thơ. Nhà Xuất bản Đại học Cần Thơ ấn hành và giới thiệu cùng bạn đọc giáo trình "Hệ thống máy và thiết bị lạnh" do Tiến sĩ Nguyễn Văn Cương và Thạc sĩ Võ Mạnh Duy biên soạn.

Giáo trình gồm 09 chương với 236 trang; nội dung khái quát về lịch sử của kỹ thuật lạnh, các loại máy lạnh thông dụng; giới thiệu các loại máy nén lạnh, thiết bị ngưng tụ, thiết bị bay hơi, thiết bị tiết lưu ... Thêm vào đó, cuối mỗi chương còn có nhiều câu hỏi ôn tập hữu ích cho bạn đọc. Giáo trình là tài liệu tham khảo có giá trị cho sinh viên các ngành Công nghệ nhiệt, kỹ thuật cơ khí và các ngành liên quan đến kỹ thuật lạnh.

Nhà Xuất bản Đại học Cần Thơ chân thành cám ơn các Tác giả và sự đóng góp ý kiến của quý thầy cô trong Hội đồng thẩm định trường Đại học Cần Thơ để giáo trình "Hệ thống máy và thiết bị lạnh" được ra mắt bạn đọc.

Nhà Xuất bản Đại học Cần Thơ trân trọng giới thiệu đến sinh viên, giảng viên và bạn đọc giáo trình này.

Chân thành cám ơn!

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC CẦN THƠ

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển khoa học công nghệ trong tất cả các lĩnh vực, ngành kỹ thuật lạnh đã phát triển một cách mạnh mẽ từ trong nghiên cứu đến ứng dụng trong cuộc sống. Kỹ thuật lạnh có một ý nghĩa vô cùng quan trọng với các ứng dụng thực tế không thể thiếu được trong sản xuất và đời sống hàng ngày, cũng như các ngành sản xuất công nghiệp ở các nước trên thế giới, đặc biệt ở các nước đang phát triển.

Giáo trình *Hệ thống máy và thiết bị lạnh* được biên soạn dựa trên cơ sở các giáo trình về kỹ thuật lạnh từ các trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Đai học Bách khoa TPHCM, cũng như được tổng hợp từ các nguồn tài liệu trong nước và nước ngoài. Tài liệu này dùng làm giáo trình phục vụ cho sinh viên đại học, học viên cao học của các ngành kỹ thuật, tài liệu tham khảo cho các nhà nghiên cứu về kỹ thuật lạnh. Nội dung sách vừa phục vụ cho giảng dạy, nghiên cứu khoa học ở các trường Đại học, Cao đẳng, vừa mang tính chất phổ biến khoa học kỹ thuật.

Với những nội dung và các vấn đề liên quan đến hệ thống máy và thiết bị lạnh như: cơ sở lý thuyết về kỹ thuật lạnh, các nguyên lý của hệ thống lạnh, các chu trình lạnh, các thiết bị lạnh cũng như các hệ thống lạnh được ứng dụng trong thực tế; chúng tôi mong muốn cung cấp cho bạn đọc những kiến thức cơ bản đến những ứng dụng thực tế của các hệ thống lạnh, từ tủ lạnh đến các thiết bị điều hòa không khí và các tủ đông công nghiệp.

Nội dung tài liệu "hệ thống máy và thiết bị lạnh" được cấu trúc gồm có 9 chương:

Chương 1: Giới thiệu chung.

Chương 2: Chu trình máy lạnh nén hơi.

Chương 3: Máy nén lạnh.

Chương 4: Thiết bị ngưng tụ.

Chương 5: Thiết bị bay hơi.

Chương 6: Thiết bị tiết lưu.

Chương 7: Thiết bị phụ, dụng cụ và đường ống của hệ thống lạnh.

Chương 8: Tự động hóa hệ thống lạnh.

Chương 9: Một số hệ thống lạnh trong đời sống và sản xuất.

Với những phần kiến thức cơ bản đó, chúng tôi đã cố gắng tổng hợp, cô đọng, chọn lọc những kiến thức cơ sở từ những tài liệu đến những kinh nghiệm thực tế, nhằm mục đích cung cấp cho bạn đọc những kiến thức bổ ích trong lĩnh vực kỹ thuật lạnh.

Chúng tôi chân thành cảm ơn các tác giả của các tài liệu liên quan được sử dụng để hoàn thành quyển sách này; chân thành cảm ơn các đồng nghiệp tại Khoa Công Nghệ - Trường Đại học Cần Thơ, các đồng nghiệp trong và ngoài trường Đại học Cần Thơ đã góp ý, cung cấp thông tin, tài liệu giúp chúng tôi hoàn thành quyển sách này.

Quyển tài liệu này chắc chắn sẽ không tránh khỏi những thiếu sót, chúng tôi rất mong nhận được sự góp ý của quý bạn đọc để tài liệu này được hoàn chỉnh hơn trong những lần tái bản sau.

Những góp ý xin gửi về địa chỉ:

Bộ môn Kỹ Thuật Cơ khí, Khoa Công Nghệ - Đại Học Cần Thơ.

Khu II – Đường 3/2, Quận Ninh Kiều, Thành Phố Cần Thơ.

NHÓM TÁC GIẢ

TS. NGUYỄN VĂN CƯƠNG – ThS. VÕ MẠNH DUY

MỤC LỤC

Chương 1. GIỚI THIỆU CHUNG **1**
1.1 LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA KỸ THUẬT LẠNH 1
1.2 Ý NGHĨA KINH TẾ CỦA KỸ THUẬT LẠNH 3
1.2.1 Ứng dụng lạnh trong bảo quản thực phẩm 3
1.2.2 Ứng dụng lạnh trong công nghiệp hóa chất 3
1.2.3 Ứng dụng lạnh trong điều tiết không khí 4
1.2.4 Ứng dụng trong sinh học cryô 4
1.2.5 Ứng dụng trong thể dục thể thao 4
1.2.6 Một số ứng dụng khác 4
1.3 CÁC LOẠI MÁY LẠNH THÔNG DỤNG 5
1.3.1 Máy lạnh nhiệt điện 5
1.3.2 Máy lạnh êjectơ 5
1.3.3 Máy lạnh hấp thụ 6
1.3.4 Máy lạnh nén khí 7
1.3.5 Máy lạnh nén hơi 8
1.4 MÔI CHẤT LẠNH 8
1.4.1 Định nghĩa 8
1.4.2 Yêu cầu đối với môi chất lạnh 9
1.4.3 Kí hiệu của các môi chất lạnh 10
1.4.4 Các môi chất lạnh thường dùng 11
1.4.5 Nghiên cứu môi chất lạnh thay thế 15
1.4.6 Đồ thị lgp-h và T-s 16
1.5 CHẤT TẢI LẠNH 18
1.5.1 Định nghĩa 18
1.5.2 Yêu cầu đối với chất tải lạnh 19
1.5.3 Một số chất tải lạnh thường dùng 20
1.6 DẦU BÔI TRƠN 22
1.6.1 Nhiệm vụ 22
1.6.2 Yêu cầu kỹ thuật 22
1.6.3 Phân loại và ký hiệu 23

1.6.4 Tính chất dầu bôi trơn 24
CÂU HỎI ÔN TẬP 25
Chương 2. CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI 26
2.1 KHÁI NIỆM CHUNG 26
2.2 CHU TRÌNH MÁY LẠNH NÉN HƠI MỘT CẤP 26
2.2.1 Chu trình Carnot ngược chiều 26
2.2.2 Chu trình khô 29
2.2.3 Chu trình quá lạnh và quá nhiệt 30
2.2.4 Chu trình hồi nhiệt 32
2.3 CHU TRÌNH HAI CẤP NÉN 34
2.3.1 Chu trình hai cấp, một tiết lưu, làm mát trung gian một phần 34
2.3.2 Chu trình hai cấp, một tiết lưu, làm mát trung gian một phần có hồi nhiệt 36
2.3.3 Chu trình hai cấp, một tiết lưu, làm mát trung gian một phần có hồi nhiệt và quá lạnh 36
2.3.4 Chu trình hai cấp, hai tiết lưu làm mát trung gian một phần 38
2.3.5 Chu trình hai cấp, hai tiết lưu, làm mát trung gian toàn phần 40
2.3.6 Chu trình hai cấp, hai tiết lưu, bình trung gian ống xoắn 41
2.3.7 Chu trình hai cấp, hai chế độ bốc hơi 42
2.4 CHU TRÌNH MÁY LẠNH BA CẤP SẢN XUẤT ĐÁ KHÔ 43
2.5 CHU TRÌNH MÁY LẠNH GHÉP TẦNG 44
2.6 CÁC TỔN THẤT 45
2.6.1 Tổn thất không thuận nghịch do chênh lệch nhiệt độ ở thiết bị ngưng tụ và bay hơi 45
2.6.2 Tổn thất tiết lưu 46
2.6.3 Tổn thất của quá trình nén 46
2.6.4 Tổn thất áp suất 47
2.7 CHU TRÌNH THỰC 47
2.8 SỰ PHỤ THUỘC CỦA NHIỆT ĐỘ NGƯNG TỤ VÀ NHIỆT ĐỘ BAY HƠI ĐẾN NĂNG SUẤT LẠNH 48
2.8.1 Ảnh hưởng của nhiệt độ ngưng tụ 48
2.8.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ bay hơi 49
2.8.3 Các đường đặc tính của máy nén 49
CÂU HỎI ÔN TẬP 51
Chương 3. MÁY NÉN LẠNH 53
3.1 KHÁI NIỆM CHUNG 53
3.2 MÁY NÉN PITTÔNG 54
3.2.1 Nguyên lý làm việc của máy nén pittông 54

3.2.2 Quá trình nén thực 55
3.2.3 Phân loại máy nén pittông 57
3.2.4 Một số loại máy nén pittông thường gặp 57
3.3 MÁY NÉN TRỤC VÍT 63
3.4 MÁY NÉN RÔTO 68
3.4.1 Máy nén rôto lăn 68
3.4.2 Máy nén rôto tấm trượt 70
3.5 MÁY NÉN XOẮN ỐC 71
3.6 MÁY NÉN TUABIN 73
3.7 TÍNH TOÁN MÁY NÉN PITTÔNG 75
3.7.1 Năng suất khối lượng của máy nén m 75
3.7.2 Năng suất thể tích thực tế của máy nén V_{tt} (thể tích hút thực tế) 75
3.7.3 Hệ số cấp của máy nén λ 75
3.7.4 Thể tích hút lý thuyết V_{lt} 76
3.7.5 Hiệu suất nén 76
3.7.6 Công nén đoạn nhiệt hay công nén lý thuyết N_s 77
3.7.7 Công nén chỉ thị N_i 78
3.7.8 Công nén hiệu dụng N_e 78
3.7.9 Công suất điện tiêu thụ N_{el} 78
3.7.10 Công suất động cơ lắp đặt $N_{đc}$ 79
CÂU HỎI ÔN TẬP 82
Chương 4. THIẾT BỊ NGƯNG TỤ **83**
4.1 KHÁI NIỆM CHUNG 83
4.1.1 Định nghĩa 83
4.1.2 Nguyên lý làm việc 83
4.1.3 Phân loại 84
4.2 THIẾT BỊ NGƯNG TỤ LÀM MÁT BẰNG KHÔNG KHÍ 85
4.2.1 Dàn ngưng tự nhiên 85
4.2.2 Dàn ngưng quạt 85
4.2.3 Ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng 87
4.2.4 Hư hỏng thường gặp và cách khắc phục 87
4.3 THIẾT BỊ NGƯNG TỤ LÀM MÁT BẰNG NƯỚC 88
4.3.1 Bình ngưng ống vỏ nằm ngang 88
4.3.2 Bình ngưng ống vỏ thẳng đứng 90
4.3.3 Thiết bị ngưng tụ kiểu phần tử 92
4.3.4 Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng 93

4.3.5 Thiết bị ngưng tụ kiểu panel 94
4.4 THIẾT BỊ NGƯNG TỤ LÀM MÁT BẰNG NƯỚC VÀ KHÔNG KHÍ 96
4.4.1 Thiết bị ngưng tụ kiểu tưới 96
4.4.2 Thiết bị ngưng tụ kiểu bay hơi 99
4.5 TÍNH TOÁN THIẾT BỊ NGƯNG TỤ 100
CÂU HỎI ÔN TẬP 103
Chương 5. THIẾT BỊ BAY HƠI **105**
5.1 KHÁI NIỆM CHUNG 105
5.1.1 Định nghĩa 105
5.1.2 Nguyên lý làm việc 105
5.1.3 Phân loại 106
5.2 THIẾT BỊ BAY HƠI LÀM LẠNH CHẤT LỎNG 106
5.2.1 Bình bay hơi ống vỏ amoniăc kiểu ngập 106
5.2.2 Bình bay hơi ống vỏ freôn 107
5.2.3 Dàn bay hơi kiểu xương cá, ống đứng 109
5.2.4 Dàn bay hơi kiểu panel 110
5.3 DÀN BAY HƠI LÀM LẠNH KHÔNG KHÍ 111
5.3.1 Dàn bay hơi tĩnh 111
5.3.2 Dàn bay hơi quạt 112
5.4 TÍNH TOÁN THIẾT BỊ BAY HƠI 113
CÂU HỎI ÔN TẬP 117
Chương 6. THIẾT BỊ TIẾT LƯU **118**
6.1 NHIỆM VỤ, VỊ TRÍ LẮP ĐẶT VÀ PHÂN LOẠI THIẾT BỊ TIẾT LƯU 118
6.1.1 Nhiệm vụ 118
6.1.2 Vị trí lắp đặt 118
6.1.3 Phân loại 118
6.2 VAN TIẾT LƯU NHIỆT 119
6.2.1 Van tiết lưu nhiệt cân bằng trong 119
6.2.2 Van tiết lưu nhiệt cân bằng ngoài 120
6.2.3 Van tiết lưu nhiệt có giới hạn áp suất (MOP) 121
6.3 VAN TIẾT LƯU ĐIỆN TỬ 122
6.3.1 Van tiết lưu điện tử vô cấp 122
6.3.2 Van tiết lưu điện tử hai vị trí ON – OFF 123
6.4 VAN TIẾT LƯU TỰ ĐỘNG 124
6.5 VAN TIẾT LƯU NHIỆT ĐIỆN 125
6.6 VAN TIẾT LƯU TAY 127

6.7 ỐNG MAO DẪN 128
6.8 ỐNG TIẾT LƯU 128
6.9 VAN PHAO HẠ ÁP 129
6.10 VAN PHAO CAO ÁP 130
6.11 CHỌN VAN TIẾT LƯU 131
CÂU HỎI ÔN TẬP 134
Chương 7. THIẾT BỊ PHỤ, DỤNG CỤ VÀ ĐƯỜNG ỐNG CỦA HỆ THỐNG LẠNH 135
7.1 CÁC THIẾT BỊ PHỤ CỦA HỆ THỐNG LẠNH 135
7.1.1 Tháp giải nhiệt 135
7.1.2 Bình tách dầu 138
7.1.3 Bình thu hồi dầu 141
7.1.4 Bình tách khí không ngưng 142
7.1.5 Các loại bình chứa 143
7.1.6 Bình tách lỏng 145
7.1.7 Bình giữ mức - tách lỏng 148
7.1.8 Thiết bị trung gian 149
7.1.9 Thiết bị quá lạnh lỏng 152
7.1.10 Thiết bị hồi nhiệt 153
7.1.11 Phin sấy - lọc 154
7.1.12 Kính quan sát gas 155
7.1.13 Búp phân phối lỏng 156
7.1.14 Ống mềm 157
7.1.15 Ống tiêu âm 157
7.1.16 Bơm 157
7.1.17 Quạt 157
7.2 DỤNG CỤ CỦA HỆ THỐNG LẠNH 158
7.2.1 Van chặn 158
7.2.2 Van một chiều 158
7.2.3 Van đảo chiều 159
7.2.4 Van điện từ 160
7.2.5 Van dịch vụ 161
7.2.6 Van nạp gas 162
7.2.7 Van an toàn 163
7.2.8 Áp kế 164
7.3 ĐƯỜNG ỐNG 165
CÂU HỎI ÔN TẬP 166

Chương 8. TỰ ĐỘNG HÓA HỆ THỐNG LẠNH **168**
8.1 KHÁI NIỆM CHUNG 168
8.2 TỰ ĐỘNG HOÁ MÁY NÉN LẠNH 168
8.2.1 Điều chỉnh năng suất lạnh máy nén pittông 168
8.2.2 Điều chỉnh năng suất lạnh máy nén trục vít 174
8.2.3 Điều chỉnh năng suất lạnh máy nén tua-bin 174
8.3 TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT BỊ NGƯNG TỤ 174
8.3.1 Bình ngưng giải nhiệt nước 175
8.3.2 Dàn ngưng gió 176
8.4 TỰ ĐỘNG HOÁ THIẾT BỊ BAY HƠI 177
8.4.1 Điều chỉnh cấp lỏng cho bình bay hơi theo tín hiệu nhiệt độ 178
8.4.2 Điều chỉnh cấp lỏng cho bình bay hơi theo tín hiệu mức lỏng 178
8.4.3 Điều chỉnh cấp lỏng cho nhiều dàn bay hơi nhờ cột lỏng 179
8.4.4 Điều chỉnh cấp lỏng cho nhiều dàn bay hơi nhờ bơm tuần hoàn 180
8.4.5 Điều chỉnh cấp lỏng cho dàn bay hơi có bình tách lỏng đặt dưới thấp 181
8.5 MỘT SỐ THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG ĐIỀU KHIỂN VÀ BẢO VỆ HỆ THỐNG LẠNH 182
8.5.1 Rơle áp suất thấp LP 182
8.5.2 Rơle áp suất cao HP 183
8.5.3 Rơle áp suất đôi 183
8.5.4 Rơle hiệu áp dầu 184
8.5.5 Rơle áp lực nước 185
8.5.6 Rơle nhiệt độ 186
8.5.7 Đồng hồ xả tuyết 187
CÂU HỎI ÔN TẬP 189
Chương 9. MỘT SỐ HỆ THỐNG LẠNH TRONG ĐỜI SỐNG VÀ SẢN XUẤT **190**
9.1 HỆ THỐNG LẠNH TRONG TỦ LẠNH GIA ĐÌNH 190
9.2 HỆ THỐNG LẠNH TRONG CÁC BUỒNG BẢO QUẢN THỰC PHẨM THƯƠNG NGHIỆP 191
9.3 HỆ THỐNG LẠNH TRÊN XE TẢI LẠNH 194
9.4 HỆ THỐNG LẠNH TRONG ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ 195
9.4.1 Hệ thống lạnh máy điều hoà cỡ nhỏ 195
9.4.2 Hệ thống điều hoà công suất trung bình và lớn 195
9.5 HỆ THỐNG LẠNH TRONG MÁY TẠO ĐÁ 197
9.5.1 Hệ thống máy đá cây 197
9.5.2 Hệ thống máy đá vảy 198

9.5.3 Máy đá viên 200
9.6 HỆ THỐNG LẠNH KHO BẢO QUẢN 202
9.7 HỆ THỐNG LẠNH CẤP ĐÔNG 203
9.7.1 Hệ thống kho cấp đông 203
9.7.2 Hệ thống tủ cấp đông tiếp xúc 204
9.7.3 Hệ thống tủ cấp đông gió 207
9.7.4 Hệ thống cấp đông I.Q.F 208
CÂU HỎI ÔN TẬP 213

PHỤ LỤC 214
TÀI LIỆU THAM KHẢO 217

DANH SÁCH CHỮ VIẾT TẮT – THUẬT NGỮ - QUY ƯỚC

ODP	Ozon Depletion Potential (tiềm năng phá huỷ tầng ozon)
GWP	Global Warming Potential (tiềm năng làm nóng địa cầu)
ODS	Ozon Depletion Substances (các chất phá hủy tầng ozon)
MOP	Maximum Operating Pressure (áp suất làm việc tối đa)
RT	Refrigerant Tons (tấn lạnh)
PI	Pressure Indicator (áp kế)
PC	Pressure Controller (rơle áp suất)
TC	Temperature Controller (rơle nhiệt độ hay Thermostat)
LC	Level Controller (rơle mức lỏng)
HP	Hight Pressure (áp suất cao)
LP	Low Pressure (áp suất thấp)
FCU	Fan Coil Unit (dàn lạnh quạt)
I.Q.F	Individual Quickly Freezer (hệ thống cấp đông nhanh các sản phẩm rời)
q_o	Năng suất lạnh riêng khối lượng, kJ/kg
q_v	Năng suất lạnh riêng thể tích, kJ/kg
q_k	Nhiệt thải ra ở thiết bị ngưng tụ, kJ/kg
Π	Tỷ số nén
l	Công nén riêng, kJ/kg
l_{dn}	Công dãn nở có ích, kJ/kg
l_c	Công tiêu tốn cho chu trình, kJ/kg
ε_c	Hệ số lạnh của chu trình Carnot
ε	Hệ số lạnh của chu trình
ν	hiệu suất exergy
Δt_{qn}	Độ quá nhiệt hơi hút, ^oC
Δt_{ql}	Độ quá lạnh lỏng, ^oC
t_o	nhiệt độ bay hơi, ^oC
t_k	nhiệt độ ngưng tụ, ^oC
t_{tg}	nhiệt độ ở bình trung gian, ^oC
t_u	nhiệt độ môi trường làm mát, ^oC
p_o	áp suất bay hơi, bar

p_k	áp suất ngưng tụ, bar
p_{tg}	Áp suất trung gian, bar
l_1	Công nén riêng của máy nén hạ áp, kJ/kg
l_4	Công nén riêng của máy nén cao áp, kJ/kg
N_{s1}	Công nén lý thuyết của máy nén hạ áp, kW
N_{s4}	Công nén lý thuyết của máy nén cao áp, kW
m_1	Lưu lượng nén qua máy nén hạ áp, kg/s
m_4	Lưu lượng nén qua máy nén cao áp, kg/s
q_{omax}	Năng suất lạnh riêng đạt cực đại, kJ/kg
l_{min}	Công nén riêng cực tiểu, kJ/kg
$T_{u,\,max}$	Nhiệt độ cao nhất cho phép của môi trường làm mát , K
$T^*_{o,\,min}$	Nhiệt độ thấp nhất của chất tải lạnh, K
Q_o	Năng suất lạnh của máy nén, kW
V_{lt}	Thể tích hút lý thuyết, m^3/s
V_{tt}	Thể tích hút thực tế, m^3/s
V_c	Thể tích chết, m^3/s
V_d	Thể tích tổn thất do dãn nở hơi cao áp, m^3/s
λ	Hệ số cấp
ε_e	Hệ số lạnh hiệu dụng
d	Đường kính pittông, m
s	Hành trình pittông, m
z	Số xilanh, chiếc
n	Số vòng quay, vg/s
Z_{MN}	Số máy nén, chiếc
V_{ltMN}	Thể tích hút lý thuyết của một máy nén lắp đặt, m^3/s
m_{tt}	Năng suất khối lượng thực tế của máy nén, kg/*s*
v	Thể tích riêng của hơi hút về máy nén, m^3/kg
ρ	Khối lượng riêng của hơi hút về máy nén, kg/m^3
Δp_o	Tổn thất tiết lưu ở van hút, bar
Δp_k	Tổn thất tiết lưu ở van đẩy, bar
C	Tỉ số thể tích chết
η	Hiệu suất nén
η_i	Hệ số kể đến tổn thất trong hay hiệu suất chỉ thị của quá trình nén
η_e	Hệ số kể đến tổn thất ma sát của các chi tiết máy nén
η_{td}	Hệ số kể đến tổn thất do truyền động: khớp nối, đai truyền
η_{el}	Hiệu suất động cơ điện

$N_{đc}$	Công suất động cơ lắp đặt, kW
N_{el}	Công suất điện (đo được trên bảng đấu điện), kW
$N_{tđ}$	Công suất truyền động (đo được trên trục động cơ), kW
N_e	Công suất hiệu dụng (đo được trên trục khuỷu máy nén), kW
N_i	Công nén thực (có kể đến tổn thất trong), kW
N_s	Công nén đoạn nhiệt (lý thuyết), kW
N_{ms}	Công nén có tính đến tổn thất ma sát, kW
p_{ms}	Áp suất ma sát riêng, MPa
k	Hệ số truyền nhiệt, $W/m^2.K$
q_f	Mật độ dòng nhiệt, W/m^2
Δt_{tb}	Độ chênh nhiệt độ trung bình logarit, K
F	Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt, m^2
Q_k	Năng suất nhiệt của thiết bị ngưng tụ, kW
q_k	Năng suất nhiệt riêng của thiết bị ngưng tụ, kJ/kg.
D_t	Đường kính trong của bình, m
V	Lưu lượng thể tích dòng hơi đi qua bình tách dầu, m^3/s
ω	Tốc độ của hơi môi chất trong bình, m/s
δ	Chiều dày thân và đáy bình, mm
p_{TK}	Áp suất thiết kế, kG/cm^2
φ	Hệ số bền mối hàn dọc thân bình
σ_{CP}	Ứng suất cho phép của vật liệu ứng với nhiệt độ thiết kế, kG/cm^2
C	Hệ số dự trữ
V_{bc}	Thể tích bình chứa, m^3
K_{dt}	Hệ số dự trữ
G	Tổng khối lượng môi chất của hệ thống, kg
v_l	Thể tích riêng của môi chất lỏng ở nhiệt độ làm việc, m^3/kg
v_h	Thể tích riêng trạng thái hơi qua bình tách lỏng, m^3/kg
F_{tg}	Diện tích truyền nhiệt của thiết bị trung gian, m^2
Q_{tg}	Công suất nhiệt trao đổi ở bình trung gian, W
Q_{ql}	Công suất nhiệt quá lạnh môi chất lạnh trước tiết lưu, W
Q_{lm}	Công suất nhiệt làm mát trung gian, W
d_t	Đường kính trong của ống, m
ρ	Khối lượng riêng của môi chất lạnh, kg/m^3

Chương 1

GIỚI THIỆU CHUNG

1.1 LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA KỸ THUẬT LẠNH

Kỹ thuật làm lạnh đã được con người biết đến và sử dụng từ xa xưa. Ngành khảo cổ học đã phát hiện những hang động có mạch nước ngầm nhiệt độ thấp chảy qua, dùng để trữ lương thực - thực phẩm khoảng 5000 năm trước. 2500 năm trước người Ai Cập đã biết quạt các bình gốm cho nước bay hơi làm mát không khí. Cách đây 2000 năm, ở Ấn Độ và Trung Quốc, người ta đã biết trộn muối vào nước hoặc nước đá để tạo ra nhiệt độ thấp hơn.

Năm 1761-1764, kỹ thuật lạnh hiện đại bắt đầu với phát minh nhiệt ẩn hóa hơi và nhiệt ẩn nóng chảy của giáo sư Black. Con người đã biết làm lạnh bằng cách cho bay hơi chất lỏng ở áp suất thấp.

Năm 1780, Clouet và Monge lần đầu tiên hóa lỏng được khí SO_2.

Năm 1781, Cavallo bắt đầu nghiên cứu hiện tượng bay hơi một cách có hệ thống.

Năm 1810, Leslie (Pháp) đưa ra máy lạnh hấp thụ chu kỳ với cặp môi chất H_2O/H_2SO_4 đầu tiên. Đến giữa thế kỷ 19, hàng loạt phát minh của Carré (Pháp) về máy lạnh hấp thụ chu kỳ và liên tục với các cặp môi chất khác nhau được ra đời.

Năm 1823, Faraday công bố những công trình về hóa lỏng khí SO_2, H_2S, CO_2, N_2O, C_2H_2, NH_3 và HCl. Đến 1845, Faraday đã hóa lỏng được hầu hết các loại khí kể cả êtylen, ngoại trừ các khí O_2, N_2, CH_4, CO, NO và H_2.

Năm 1834, Perkins (Anh) có phát minh đầu tiên về máy lạnh nén hơi với đầy đủ các bộ phận như một máy lạnh nén hơi hiện đại gồm: máy nén, dàn ngưng tụ, dàn bay hơi và van tiết lưu (hình 1.1).

Năm 1845, máy lạnh nén khí đầu tiên được thiết kế và chế tạo bởi bác sĩ John Gorrie (Mỹ) dùng để sản xuất đá lạnh và điều hòa phòng cao ốc.

Năm 1869, Andrew (Anh) giải thích được điểm tới hạn của khí hóa lỏng.

Năm 1873, Van der Waals công bố phương trình trạng thái. Cùng lúc đó, nhà bác học Charler Tellier (Pháp) bảo vệ luận án ở Viện hàn lâm khoa học Pháp về việc bảo quản thịt bằng phương pháp lạnh. ***Charler Tellier được cả thế giới xem là ông tổ ngành lạnh***.

Năm 1877, Cailletet và Pictet (Pháp) hóa lỏng được khí "vĩnh cửu" O_2 và N_2.

Năm 1898, Dewar (Anh) hóa lỏng H_2 và Carl von Linde (Đức) hóa lỏng O_2 và N_2 và tách bằng chưng cất, K.Onnes (Hà Lan) hóa lỏng được He.

Cuối thế kỷ 19, hàng loạt cải tiến của Linde với việc sử dụng môi chất NH_3 cho máy nén hơi, làm cho máy lạnh nén hơi được sử dụng rộng rãi.

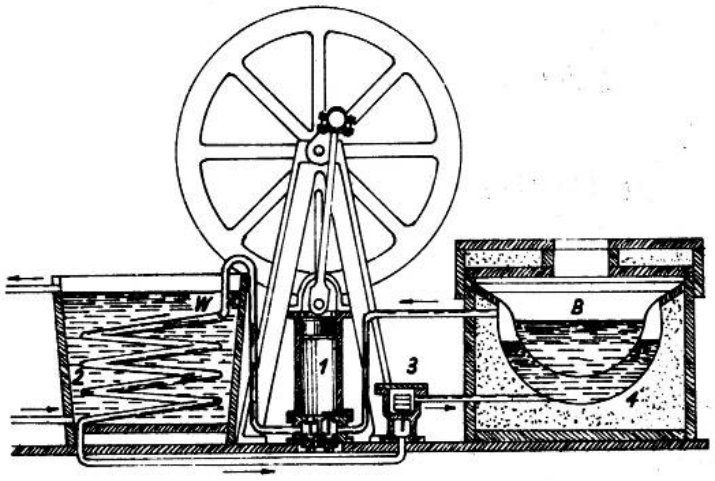
Năm 1899, Geppert (Đức) đưa ra phát minh về máy lạnh hấp thụ khuếch tán hoàn toàn không có chi tiết chuyển động.

Năm 1904, Mollier xây dựng đồ thị i-s và logP – i.

Năm 1910, Leiblanc chế tạo ra máy lạnh ejector hơi nước đầu tiên.

Năm 1922, Platen và Munters (Thụy Điển) hoàn thiện phát minh của Geppert, máy lạnh hấp thụ khuếch tán hoàn toàn không có chi tiết chuyển động được nhiều nước trên thế giới sản xuất chế tạo hàng loạt và giữ vị trí quan trọng cho đến nay.

Năm 1930, việc sản xuất và ứng dụng môi chất lạnh freon được thực hiện ở công ty Dupont Kinetic Chemical Inc. (Mỹ). Điều này đã góp phần tích cực vào việc phát triển kỹ thuật lạnh, đặc biệt trong kỹ thuật điều tiết không khí.



Hình 1.1 Máy lạnh nén hơi đầu tiên chạy bằng ête do Perkins chế tạo

1. máy nén cơ; 2. dàn ngưng; 3. van tiết lưu; 4. dàn bay hơi;
W. nước làm mát; B. nước muối (chất tải lạnh).

Ngày nay, kỹ thuật lạnh hiện đại đã tiến những bước rất xa, có trình độ khoa học kỹ thuật ngang với các ngành kỹ thuật tiên tiến khác với một phạm vi nhiệt độ được mở rộng rất nhiều và đang tiến dần đến nhiệt độ không tuyệt đối. Đặc biệt, mức độ tự động hóa của các hệ thống lạnh tăng lên rõ rệt, những thiết bị lạnh tự động hoàn toàn đã và đang dần dần thay thế các thiết bị lạnh thao tác bằng tay.

1.2 Ý NGHĨA KINH TẾ CỦA KỸ THUẬT LẠNH

1.2.1 Ứng dụng lạnh trong bảo quản thực phẩm

Lĩnh vực ứng dụng quan trọng nhất của kỹ thuật lạnh là bảo quản thực phẩm. Theo một số thống kê thì khoảng 80% công suất lạnh được sử dụng trong công nghiệp bảo quản thực phẩm.

Bảng 1.1 Số ngày bảo quản phụ thuộc vào nhiệt độ bảo quản

	-30 ^oC	-20 ^oC	-10 ^oC	0 ^oC	10 ^oC	20 ^oC
Cá	230	110	40	15	7	3
Thịt bò	2300	1000	100	30	16	8
Gia cầm	800	230	70	7	5	2

Ngày nay công nghiệp thực phẩm như ngành rượu bia, bánh, kẹo, kem, nước uống, công nghiệp sữa, chế biến thịt cá rau quả, công nghiệp đánh bắt hải sản không thể phát triển nếu như không có sự hỗ trợ tích cực của kỹ thuật lạnh. Các kho lạnh bảo quản, các kho lạnh chế biến phân phối, các máy lạnh thương nghiệp, các nhà máy sản xuất nước đá, máy lạnh lắp đặt trên các phương tiện vận tải, các máy lạnh đông nhanh thực phẩm, tủ lạnh gia đình; ngành công nghiệp rượu bia, bánh, kẹo, kem, nước uống, công nghiệp sữa và các lĩnh vực khác đều liên quan đến vai trò của kỹ thuật lạnh.

1.2.2 Ứng dụng lạnh trong công nghiệp hóa chất

Những ứng dụng quan trọng nhất của kỹ thuật lạnh trong công nghiệp hóa chất là sự hóa lỏng khí bao gồm hóa lỏng các chất khí là sản phẩm của công nghiệp hóa học như clo, amôniắc, cacbonic, sunfurơ, clohydric, các loại khí đốt, khí sinh học, khí thiên nhiên.

Hóa lỏng và tách khí từ các thành phần của không khí là ngành công nghiệp có ý nghĩa rất to lớn đối với ngành luyện kim, chế tạo máy và các ngành kinh tế khác kể cả y học và sinh học. Ngoài ra, việc sản xuất vải, sợi, tơ, cao su nhân tạo, phim ảnh đòi hỏi sự hỗ trợ tích cực của kỹ thuật lạnh trong quy trình công nghệ.

1.2.3 Ứng dụng lạnh trong điều tiết không khí

Ngày nay người ta không thể tách rời kỹ thuật điều tiết không khí với các ngành như cơ khí chính xác, kỹ thuật điện tử và vi điện tử, kỹ thuật phim ảnh, máy tính điện tử, kỹ thuật quang học. Điều tiết không khí công nghiệp và dân dụng đã trở thành quen thuộc với những người dân ở các nước phát triển và đang phát triển. Trong các ngành công nghiệp nhẹ như công nghiệp dệt, vải, sợi, thuốc lá; để đảm bảo cho chất lượng sản phẩm, đảm bảo cho các máy móc, thiết bị làm việc bình thường, cần có những yêu cầu nghiêm ngặt về các điều kiện và thông số của không khí như: thành phần, độ ẩm, nhiệt độ, độ chứa bụi cũng như các hóa chất độc hại.

Kỹ thuật lạnh có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong điều tiết không khí để có được môi trường làm việc đạt các yêu cầu cần thiết.

1.2.4 Ứng dụng trong sinh học cryô

Kỹ thuật lạnh thâm độ còn gọi là kỹ thuật cryô (-80 ^{o}C đến -196 ^{o}C) đã hỗ trợ đắc lực cho việc lai tạo giống, bảo quản tinh đông, gây đột biến hoặc cho các quá trình xử lí trong công nghệ sinh học.

1.2.5 Ứng dụng trong thể dục thể thao

Trong thể thao hiện đại, nhờ có kỹ thuật lạnh người ta có thể tạo ra các sân trượt băng, các đường đua trượt băng và trượt tuyết nhân tạo cho các vận động viên luyện tập hoặc cho các đại hội thể thao ngay cả khi nhiệt độ không khí còn rất cao.

1.2.6 Một số ứng dụng khác

Ngoài các ứng dụng trên, kỹ thuật lạnh còn được ứng dụng trong một số lĩnh vực khác.

Kỹ thuật lạnh giúp các nhà khoa học kiểm tra xem máy bay hoặc con tàu vũ trụ có làm việc được trong các điều kiện khác nhau.

Kỹ thuật lạnh được ứng dụng để điều tiết không khí trong hầm lò, bảo đảm điều kiện làm việc của công nhân.

Kỹ thuật lạnh còn đươc ứng dụng trong hiện tượng siêu dẫn để tạo ra các nam châm cực mạnh trong các máy gia tốc ở các nhà máy điện nguyên tử, nhiệt hạch, trong các phòng thí nghiệm nguyên tử, các đệm từ cho các tàu hỏa cao tốc.

Các công trình ngầm quân sự hoặc dân sự cũng có sự hỗ trợ của kỹ thuật lạnh để đảm bảo nhiệt độ, độ ẩm và thành phần không khí như các hầm ngầm, các đường tàu điện ngầm.