

**ĐH Bách Khoa Đà Nẵng**

**Hồ Trần Anh Ngọc**

**Nghiên cứu thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng  
ống có cánh sử dụng trong kỹ thuật lạnh**

**Chuyên ngành** : Công nghệ và thiết bị lạnh

**Mã số** : 62.52.80.05.

**Tên nghiên cứu sinh** : Hồ Trần Anh Ngọc

**Khóa đào tạo** : 2006-2010.

**Chức danh khoa học** : Giảng viên.

**Học vị** : Thạc sĩ

**Tên tập thể hướng dẫn:**

- **Hướng dẫn chính** : PGS. TS. Võ Chí Chính.

- **Hướng dẫn phụ** : PGS.TS. Hoàng Dương Hùng.

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan luận án tiến sĩ này là công trình nghiên cứu khoa học do tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của các cán bộ hướng dẫn, sự giúp đỡ của các cơ quan, các thầy cô giáo, bạn bè, đồng nghiệp... Các số liệu, hình ảnh và kết quả nghiên cứu là hoàn toàn trung thực và tin cậy. Những vấn đề được trích dẫn trong luận án đã được ghi rõ nguồn tài liệu tham khảo, những kết quả trình bày trong luận án chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác. Tôi xin chịu trách nhiệm trước pháp luật cũng như đạo đức khoa học về lời cam đoan này.

Tác giả luận án

**HỒ TRẦN ANH NGỌC**

## MỤC LỤC

<b>LỜI CAM ĐOAN</b> .....	i
<b>MỤC LỤC</b> .....	ii
<b>DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ QUI ĐỊNH</b> .....	ii
<b>BẢNG KÝ HIỆU QUI TẮC</b> .....	x
<b>DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU</b> .....	xii
<b>DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ</b> .....	xiv
<b>MỞ ĐẦU</b> .....	1
1. Lý do chọn đề tài .....	1
2. Mục tiêu nghiên cứu .....	2
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu .....	3
4. Phương pháp nghiên cứu .....	3
5. Bố cục của luận án .....	3
<b>CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN</b> .....	6
1.1. TỔNG QUAN VỀ THIẾT BỊ NGỪNG TỤ TRONG HỆ THỐNG LẠNH .....	6
1.1.1. Vai trò của thiết bị ngưng tụ .....	6
1.1.2. Phân loại thiết bị ngưng tụ: .....	6
1.1.2.1. Bình ngưng tụ giải nhiệt bằng nước .....	6
1.1.2.2. Dàn ngưng tụ giải nhiệt bằng nước .....	8
1.1.2.3. Dàn ngưng tụ giải nhiệt bằng không khí .....	9
1.2. TỔNG QUAN VỀ ỚNG CÓ CÁNH VÀ THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT	
ỚNG LỒNG ỚNG CÓ CÁNH .....	14
1.2.1. Chủng loại ống có cánh và chế tạo ống có cánh .....	14
1.2.1.1. Ống có cánh ngang .....	15
1.2.1.2. Ống có cánh nan hoa .....	16
1.2.1.3. Ống có cánh dọc thân bên trong và bên ngoài ống .....	17
1.2.1.4. Ống có cánh đặc biệt .....	18

1.2.1.5. Giới thiệu công nghệ chế tạo ống có cánh .....	19
1.2.2. Tổng quan về thiết bị TĐN ống lồng ống .....	20
1.2.2.1. Các chủng loại ống lồng ống .....	20
1.2.2.2. Cấu tạo và phân loại các thiết bị ống lồng ống .....	23
1.2.3. Tình hình sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt kiểu ống lồng ống .....	28
1.2.3.1. Tình hình nghiên cứu ống lồng ống trong nước và trên thế giới .....	28
1.2.3.2. Ứng dụng thiết bị trao đổi nhiệt ống lồng ống trong thực tế .....	33
<b>CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU, ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG TRAO ĐỔI NHIỆT</b>	
<b>KHI NGỪNG CỦA CÁC MÔI CHẤT LẠNH</b> .....	35
2.1. MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU .....	36
2.2. MÔI CHẤT LẠNH VÀ MÔI CHẤT LẠNH MỚI .....	36
2.2.1. Các môi chất lạnh truyền thống .....	36
2.2.2. Môi chất lạnh mới thay thế .....	37
2.2.2.1. Các môi chất lạnh đề nghị thay thế .....	37
2.2.2.2. Tính chất cơ bản của một số môi chất lạnh mới .....	37
2.3. XÁC ĐỊNH HỆ SỐ TỎA NHIỆT ĐỐI LƯU CỦA NƯỚC KHI CHUYỂN	
ĐỘNG BÊN TRONG VÀ BÊN NGOÀI ĐƯỜNG ỐNG .....	39
2.3.1. Cơ sở lý thuyết .....	39
2.3.1.1. Tỏa nhiệt đối lưu cưỡng bức khi môi chất chuyển động trong ống .....	39
2.3.1.2. Tỏa nhiệt đối lưu khi môi chất chuyển động cưỡng bức ngoài ống .....	40
2.3.2. Kết quả xác định hệ số tỏa nhiệt đối lưu .....	40
2.3.2.1. Khi nước chuyển động bên trong đường ống .....	40
2.3.2.2. Khi nước chuyển động bên ngoài đường ống .....	42
2.4. XÁC ĐỊNH HỆ SỐ TỎA NHIỆT ĐỐI LƯU KHI NGỪNG CỦA CÁC MÔI	
CHẤT LẠNH .....	44
2.4.1. Mục đích .....	44
2.4.2. Các cơ sở lý thuyết .....	45
2.4.2.1. Ngưng tụ bên ngoài chùm ống tròn nằm ngang .....	45
2.4.2.2. Ngưng tụ bên ngoài chùm ống có cánh nằm ngang .....	45

2.4.2.3. Ngưng tụ bên trong ống đứng và rãnh đứng .....	46
2.4.2.4. Ngưng tụ bên trong ống nằm ngang .....	46
2.4.3. Kết quả xác định hệ số tỏa nhiệt khi ngưng .....	47
2.4.3.1. Kết quả xác định các thông số nhiệt vật lý của các môi chất .....	47
2.4.3.2. Hệ số tỏa nhiệt khi ngưng bên ngoài ống đơn .....	48
2.4.3.3. So sánh hệ số tỏa nhiệt khi ngưng bên ngoài ống đơn .....	52
2.4.4. Xác định tỉ lệ diện tích TĐN làm cánh hợp lý khi sử dụng nước làm môi chất giải nhiệt đi trong ống, môi chất lạnh đi ngoài ống đơn .....	53
2.4.5. Kết luận và so sánh .....	55
2.4.5.1. So sánh và nhận xét .....	55
2.4.5.2. Kết luận .....	55
<b>CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH TĐN KHI NGỪNG TỤ CỦA MÔI CHẤT .....</b>	<b>56</b>
3.1. QUÁ TRÌNH NGỪNG TỤ CỦA HƠI MÔI CHẤT .....	56
3.1.1. Mô hình lưu lượng dòng chảy hai pha trong ống dọc .....	57
3.1.2. Mô hình lưu lượng dòng chảy hai pha trong ống nằm ngang .....	58
3.2. ĐẶC ĐIỂM CỦA QUÁ TRÌNH NGỪNG TỤ .....	59
3.2.1. Quá trình tỏa nhiệt khi ngưng màng của hơi .....	60
3.2.2. Tỏa nhiệt khi ngưng màng của hơi chuyển động qua chùm ống .....	61
3.2.3. Tỏa nhiệt khi ngưng màng của hơi chuyển động qua ống đặt đứng .....	62
3.2.4. Tỏa nhiệt khi ngưng của hơi chuyển động trong ống nằm ngang .....	62
3.3. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH TRAO ĐỔI NHIỆT KHI NGỪNG .....	63
3.3.1. Ảnh hưởng của hơi quá nhiệt .....	63
3.3.2. Ảnh hưởng của trạng thái bề mặt .....	63
3.3.3. Ảnh hưởng của khí không ngưng lẫn trong hơi .....	64
3.3.4. Ảnh hưởng của tốc độ và hướng chuyển động của dòng hơi .....	64
3.3.5. Ảnh hưởng của cách bố trí bề mặt ngưng .....	65
3.4. KẾT LUẬN .....	66

<b>CHƯƠNG 4. TÍNH TOÁN THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT KIỂU ỚNG LỒNG ỚNG</b> .....	67
4.1. CỐ SỞ TÍNH TOÁN THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT .....	67
4.1.1. Các yêu cầu kỹ thuật chung cho thiết bị trao đổi nhiệt .....	67
4.1.1.1. <i>Qui định về các dòng trao đổi nhiệt</i> .....	67
4.1.1.2. <i>Các yêu cầu kỹ thuật chung cho TBTĐN</i> .....	68
4.1.1.3. <i>Các nguyên tắc lựa chọn môi chất</i> .....	68
4.1.1.4. <i>Các nguyên tắc chọn chất lỏng chảy trong ống</i> .....	69
4.1.1.5. <i>Chọn tốc độ dòng môi chất</i> .....	69
4.1.2. Phương trình cơ bản của thiết bị trao đổi nhiệt (TBTĐN) .....	69
4.1.2.1. <i>Phương trình cân bằng nhiệt (CBN)</i> .....	69
4.1.2.2. <i>Phương trình truyền nhiệt</i> .....	70
4.1.3. Tính nhiệt cho thiết bị trao đổi nhiệt .....	72
4.1.3.1. <i>Các bước tính thiết kế thiết bị TĐN</i> .....	72
4.1.3.2. <i>Tính thiết kế nhiệt thiết bị trao đổi nhiệt</i> .....	73
4.2. TÍNH TOÁN NHIỆT CHO CÁC LOẠI ỚNG CÓ CÁNH.....	73
4.2.1. Cơ sở lý thuyết để tính toán truyền nhiệt qua vách trụ.....	73
4.2.1.1. <i>Vách trụ không có cánh</i> .....	73
4.2.1.2. <i>Vách trụ có cánh</i> .....	74
4.2.1.3. <i>Phương pháp tính vách trụ mới</i> .....	75
4.2.2. Tính truyền nhiệt của các ống vách trụ có cánh ngang thân.....	76
4.2.2.1. <i>Vách trụ có cánh ngang thân</i> .....	76
4.2.2.2. <i>Lập công thức tính truyền nhiệt qua vách trụ có cánh ngang</i> .....	77
4.2.3. Tính truyền nhiệt của các ống vách trụ có cánh dọc thân .....	79
4.2.3.1. <i>Vách trụ có cánh dọc thân</i> .....	79
4.2.3.2. <i>Lập công thức tính truyền nhiệt qua vách trụ có cánh dọc</i> .....	79
4.2.4. Tính truyền nhiệt của các loại ống vách trụ có cánh xoắn.....	81
4.2.4.1. <i>Vách trụ có cánh xoắn dọc thân</i> .....	81
4.2.4.2. <i>Lập công thức tính truyền nhiệt qua vách trụ có cánh xoắn</i> .....	82

4.3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH BÀI TOÁN TÍNH ỐNG LỒNG ỐNG .....	84
4.3.1. Tính toán cho thiết bị TĐN kiểu ống lồng ống tron.....	84
4.3.1.1. <i>Mô hình tổng quát của ống lồng ống tron</i> .....	84
4.3.1.2. <i>Phương trình tính toán</i> .....	85
4.3.1.3. <i>Phương trình truyền nhiệt</i> .....	86
4.3.2. Tính toán cho TBTĐN kiểu ống lồng ống có cánh ngang.....	87
4.3.2.1. <i>Mô hình tổng quát của ống lồng ống có cánh ngang</i> .....	87
4.3.2.2. <i>Phương trình tính toán</i> .....	88
4.3.2.3. <i>Phương trình truyền nhiệt</i> .....	91
4.3.3. Tính toán cho TBTĐN kiểu ống lồng ống có cánh thẳng dọc thân.....	92
4.3.3.1. <i>Mô hình tổng quát ống lồng có cánh thẳng hình thang dọc thân</i> .....	92
4.3.3.2. <i>Phương trình tính toán</i> .....	93
4.3.3.3. <i>Phương trình truyền nhiệt</i> .....	96
4.3.4. Tính toán cho TBTĐN kiểu ống lồng ống có cánh xoắn dọc thân.....	97
4.3.4.1. <i>Mô hình tổng quát của ống lồng ống có cánh xoắn dọc thân</i> .....	97
4.3.4.2. <i>Phương trình toán</i> .....	98
4.3.4.3. <i>Phương trình truyền nhiệt</i> .....	103
4.4. KẾT LUẬN .....	104
<b>CHƯƠNG 5. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM MÔ HÌNH THIẾT BỊ ỐNG</b>	
<b>LỒNG ỐNG</b> .....	105
5.1. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG TRAO ĐỔI	
NHIỆT CỦA THIẾT BỊ TRAO ĐỔI NHIỆT ỐNG LỒNG ỐNG. ....	105
5.1.1. Mục đích thí nghiệm.....	105
5.1.2. Thiết bị thí nghiệm.....	105
5.1.3. Các bước thí nghiệm và kết quả đo đạc .....	108
5.1.3.1. <i>Các bước thí nghiệm</i> .....	108
5.1.3.2. <i>Kết quả đo đạc</i> .....	109
5.1.4. Xác định hệ số truyền nhiệt.....	110
5.1.4.1. <i>Cơ sở lý thuyết</i> .....	110

5.1.4.2. <i>Kết quả tính toán hệ số truyền nhiệt ống lồng ống</i> .....	112
5.1.5. So sánh kết quả thực nghiệm với tính toán lý thuyết hệ số truyền nhiệt của thiết bị TĐN ống lồng ống có cánh.....	113
5.1.5.1. <i>Cơ sở lý thuyết</i> .....	113
5.1.5.2. <i>Kết quả tính toán và so sánh</i> .....	115
5.2. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG TRAO ĐỔI NHIỆT CỦA THIẾT BỊ NGUNG TỤ ỐNG LỒNG ỐNG. ....	116
5.2.1. Mục đích thí nghiệm.....	116
5.2.2. Thiết bị thí nghiệm.....	116
5.2.2.1. <i>Mô tả chung hệ thống thiết bị thí nghiệm</i> .....	116
5.2.2.2. <i>Thiết bị đo sử dụng trong thí nghiệm</i> .....	121
5.2.3. Các bước thí nghiệm.....	123
5.2.3.1. <i>Các thông số, đại lượng, thiết bị thay đổi khi thí nghiệm</i> .....	123
5.2.3.2. <i>Các thông số cần phải đo đạc</i> .....	123
5.2.4. Kết quả đo đạc.....	124
5.2.4.1. <i>Kết quả đo đạc chung</i> .....	124
5.2.4.2. <i>Kết quả đo đạc khi thí nghiệm với môi chất lạnh freon R12</i> .....	125
5.2.4.3. <i>Kết quả đo đạc khi thí nghiệm với môi chất lạnh freon R134a</i> .....	126
5.2.5. Xác định hệ số truyền nhiệt.....	126
5.2.5.1. <i>Cơ sở lý thuyết</i> .....	126
5.2.5.2. <i>Tính toán</i> .....	128
5.2.5.3. <i>Kết quả tính toán</i> .....	129
5.2.5.4. <i>Nhận xét và kết luận</i> .....	132
5.3. GIẢI PHÁP VỆ SINH ỐNG LỒNG ỐNG VÀ GIẢI THOÁT LỎNG NGUNG GIẢI PHÓNG BỀ MẶT TĐN. ỨNG DỤNG PHẦN MỀM DHEX ĐỂ TÍNH TOÁN TBTĐN ỐNG LỒNG ỐNG. ....	134
5.3.1. Giải pháp vệ sinh và giải thoát lỏng ngưng ống lồng ống .....	134
5.3.1.1. <i>Giải pháp vệ sinh cho thiết bị ngưng tụ ống lồng ống</i> .....	134
5.3.1.2. <i>Giải pháp giải thoát lỏng ngưng tụ cho TBNT ống lồng ống</i> .....	135



5.3.2. Ứng dụng phần mềm DHEX để tính toán TBTĐN ống lồng ống.....	136
<b>KẾT LUẬN VÀ NHỮNG ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ.....</b>	<b>138</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>140</b>
<b>PHỤ LỤC.....</b>	<b>154</b>

**DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT VÀ QUI ĐỊNH**

AFM	Kính hiển vi nguyên tử lực (Atomic force microscope)
BH	Bay hơi
C	Chế độ điều hòa không khí ( Air conditioning)
CBN	Cân bằng nhiệt
ĐHKK	Điều hòa không khí
F	Chế độ lạnh sâu ( Freezing)
KK	Không khí
M	Chế độ lạnh trung bình ( Medium Cooling)
MC	Môi chất
MCL	Môi chất lạnh
NT	Ngưng tụ
ODP	Chỉ số phá vỡ tầng ôzôn (Ôzôn Depletion Potential)
OLO	Ổng lồng ống
PRC	Chỉ số phản ứng quang hóa (Photos Reaction Chemical)
SFA	Thiết bị đo lực căng trên bề mặt (Surface Force Apparatus)
TBNT	Thiết bị ngưng tụ
TBTĐN	Thiết bị trao đổi nhiệt
TĐN	Trao đổi nhiệt
TLV	Giới hạn độc hại cho phép (Toxicity Limit Value)
TN	Truyền nhiệt
*	Chưa biết