การศึกษาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม

นายโอสุ อัมพวานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3682-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

31 พ.ค. 2549

I21226155

A STUDY ON PERFORMANCE OF INDIRECT EVAPORATIVE COOLER

Mr.Osu Ampawanon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3682-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม
โดย	นายโอสุ อัมพวานนท์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน)

นายโอสุ อัมพวานนท์ : การศึกษาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม (A STUDY ON PERFORMANCE OF INDIRECT EVAPORATIVE COOLER), อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา,155 หน้า. ISBN 974-17-3682-7

อุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ สำหรับนำมาใช้ในการลดอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากมีข้อดีคือสามารถช่วยลดอุณหภูมิลงโดยไม่เพิ่มความชื้นให้อากาศ มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง การทำงาน และการบำรุงรักษาต่ำ แต่ปัญหาที่สำคัญของอุปกรณ์แบบนี้คือไม่สามารถลดอุณหภูมิลงได้มากนัก

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม เพื่อศึกษาผลของความเร็วอากาศและผลของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของอากาศที่มีผลต่อสมรรถนะของอุปกรณ์ รวมถึงศึกษาความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมมาใช้งานในสภาวะอากาศของประเทศไทย

ผลจากการทดลองพบว่า ความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะไม่ส่งผลต่อสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีผลอย่างมากต่อสมรรถนะของอุปกรณ์ กล่าวคือ เมื่อความเร็วอากาศเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สมรรถนะลดลง ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือความแตกต่างของอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของอากาศ จากการทดลองพบว่าเมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สมรรถนะเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมมาใช้ในสภาวะอากาศของประเทศไทย ซึ่งมีผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งประมาณ 5-8 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมจะมีสมรรถนะเฉลี่ยประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ จึงลดอุณหภูมิอากาศได้เพียงเล็กน้อย (น้อยกว่า 3 °C) ดังนั้นสรุปได้ว่า การนำอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมมาใช้ในสภาวะอากาศของประเทศไทยนั้นมีความเป็นไปได้น้อย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต โอสุ อัมพวานนท์

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546

4370640521 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEYWORD : EVAPORATIVE COOLER / INDIRECT

OSU AMPAWANON : A STUDY ON PERFORMANCE OF INDIRECT EVAPORATIVE COOLER ,THESIS ADVISOR : ASST.PROF.TUL MANEEWATTANA , Ph.D., 155 pp.

ISBN 974-17-3682-7

An indirect evaporative cooler is another kind of equipment that can be used to reduce air temperature. The advantage of this device is that it can decrease the outlet temperature without increasing humidity. Low initial cost, low operating and maintenance cost are also advantage of this device. A major disadvantage is that it can not reduce the outlet temperature as much as of the direct contact evaporative cooler.

This research studied the performance of an indirect evaporative cooler to find the effect of inlet air velocity and ambient air dry bulb and wet bulb temperatures that influence the equipment performances. Another aim is to investigate the feasibility of using this equipment in hot and humid climate country like Thailand.

It was found from the experiments that the air velocity at the condenser does not significantly effects the performance but the air velocity at the evaporator significantly effect the performance. In general, when the air velocity increases, the performance decreases and another important effect is that if the difference between entering air dry bulb and wet bulb temperature increases, the performance also increases.

From the study, the feasibility of using an indirect evaporative cooler in Thailand where the difference of ambient dry and wet bulb temperature is approximately 5 to 8 °C, the efficiency of an indirect evaporative cooler is approximately 20-25% only and it can reduce the air temperature only slightly (less than 3 °C) at the best condition. Therefore the feasibility of using it is quite limited.

Department Mechanical Engineering Student's Signature Osu Ampawanon

Field of study Mechanical Engineering Advisor's Signature .....

Academic year 2003

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าช่วยเหลือให้คำแนะนำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการวิจัย แนวทางแก้ปัญหา และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่นำมาซึ่งความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงรองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน ซึ่งได้ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้ได้รับความสนับสนุนเรื่องทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และจากทุนอุดหนุนการวิจัยบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาซึ่งคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา และขอขอบคุณนายพรชัย สุวัฒน์เมธินทร์, นาย วีรภัทร์ ตั้งพรพิพัฒน์ และเพื่อนๆพี่ๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและเป็นกำลังให้ตลอดมา จนสามารถทำงานวิจัยได้สำเร็จ

สารบัญ

บทที่ หน้า

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ ..... ง
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์อังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... บ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย 2
บทที่ 2 งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 งานวิจัยที่ผ่านมา 3
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 8
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย 32
3.1 แผนการวิจัย 32
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 32
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ในการวิจัย 39
3.4 ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 43
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 64
5.1 สรุปผลการวิจัย 64
5.2 ข้อเสนอแนะ 65
รายการอ้างอิง 66

บทที่ หน้า

ภาคผนวก..... 68

ภาคผนวก ก กราฟและตารางแสดงผลการทดลอง 69

ภาคผนวก ข การคำนวณค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหย
โดยอ้อม 144

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 155

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2.1	ค่าคงที่สำหรับสมการ 2.35	26
ตารางที่ 2.2	Correction factor C_2 of equation 2.35 for N_L<10.....	26
ตารางที่ 2.3	ค่าสัมประสิทธิ์ C_{sf} ของคู่ระหว่างของเหลวและพื้นผิววัสดุ.....	29
ตารางที่ ก.1	แสดงผลการคำนวณค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง ที่ได้จากผลการทดลอง ในแต่ละสภาวะอากาศที่ความเร็วอากาศต่างๆ.....	131
ตารางที่ ก.2	แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนมกราคม 2542	132
ตารางที่ ก.3	แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนกุมภาพันธ์ 2542	133
ตารางที่ ก.4	แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนมีนาคม 2542.....	134
ตารางที่ ก.5	แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนเมษายน 2542.....	135
ตารางที่ ก.6	แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนพฤษภาคม 2542.....	136

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ ก.7 แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนมิถุนายน 2542..... 137

ตารางที่ ก.8 แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนกรกฎาคม 2542..... 138

ตารางที่ ก.9 แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนสิงหาคม 2542..... 139

ตารางที่ ก.10 แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนกันยายน 2542..... 140

ตารางที่ ก.11 แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนตุลาคม 2542..... 141

ตารางที่ ก.12 แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนพฤศจิกายน 2542..... 142

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ ก.13 แสดงค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม และอุณหภูมิอากาศที่ได้จากอุปกรณ์ จากการคำนวณโดยใช้สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ข้อมูลสภาวะอากาศของกรุงเทพฯ เดือนธันวาคม 2542 143

ตารางที่ ข.1 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่าสมรรถนะในภาคผนวก ข..... 144

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงกลไกการถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างอากาศกับผิวเปียก.....	10
รูปที่ 2.2	แสดงลักษณะของ “Adiabatic saturation”.....	12
รูปที่ 2.3	แสดงการทำงานของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง.....	12
รูปที่ 2.4	แสดงไซโครเมตริกชาร์ทของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง.....	13
รูปที่ 2.5	แสดงการทำงานอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม.....	14
รูปที่ 2.6	แสดงแผนภาพไซโครเมตริกของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม	15
รูปที่ 2.7	แสดงการทำงานอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยแบบผสม.....	16
รูปที่ 2.8	แสดงแผนภาพไซโคลนเมตริกของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยแบบผสม.....	16
รูปที่ 2.9	แสดงหลักการทำงานของเทอร์โมไซฟอน.....	18
รูปที่ 2.10	แสดงลักษณะของเทอร์โมไซฟอนแบบคอยล์ลูป.....	18
รูปที่ 2.11	แสดงแบบจำลองการนำความร้อนของฮีทไปป์ 1 แท่ง.....	22
รูปที่ 3.1	แสดงไดอะแกรมของอุปกรณ์และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด.....	33
รูปที่ 3.2	วัสดุผิวเปียก.....	33
รูปที่ 3.3	คอยล์ระเหยและคอยล์ควบแน่น.....	34
รูปที่ 3.4	พัดลม.....	35
รูปที่ 3.5	ท่อลม.....	35
รูปที่ 3.6	แดมเปอร์.....	35
รูปที่ 3.7	เครื่องสูบน้ำ, ท่อน้ำ, วาล์วและข้อต่อ.....	36
รูปที่ 3.8	ชุดควบคุมด้านไฟฟ้า.....	37
รูปที่ 3.9	อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ.....	38
รูปที่ 3.10	อุปกรณ์วัดความชื้นอากาศ.....	38
รูปที่ 3.11	อุปกรณ์วัดความเร็วลม.....	38
รูปที่ 3.12	อุปกรณ์วัดความดันตกคร่อม.....	39
รูปที่ 3.13	ระบบทางเดินอากาศ.....	40
รูปที่ 3.14	ระบบทางเดินน้ำ.....	41

รูปที่		หน้า
รูปที่ 3.15	แสดงระบบไฟฟ้า.....	42
รูปที่ 3.16	แผนภาพแสดงการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง.....	43
รูปที่ 3.17	แผนภาพแสดงการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน.....	45
รูปที่ 3.18	แผนภาพแสดงการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม.....	49
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่ได้จากการทดลอง , ค่าที่ได้จากสหสัมพันธ์ และค่าที่ได้จากแบบจำลองการนำความร้อน ที่ได้จากผลการทดลอง.....	57
รูปที่ ก.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงกับค่าความเร็วของอากาศ ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศประมาณ 32 องศาเซลเซียสและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 57%.....	70
รูปที่ ก.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงกับค่าความเร็วของอากาศ ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศประมาณ 29 องศาเซลเซียสและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 65%.....	71
รูปที่ ก.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงกับค่าความเร็วของอากาศ ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศประมาณ 34 องศาเซลเซียสและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 55%.....	72

รูปที่ หน้า

รูปที่ ก.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงกับค่าความเร็วของอากาศ ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศประมาณ 34 องศาเซลเซียสและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 52%..... 73

รูปที่ ก.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงกับค่าความเร็วของอากาศ ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศประมาณ 35 องศาเซลเซียสและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 56%..... 74

รูปที่ ก.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงกับค่าความเร็วของอากาศโดยรวมผลการทดลองทุกสภาวะอากาศ..... 75

รูปที่ ก.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหย โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นมีค่าคงที่ประมาณ 22,352 ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศต่างๆ..... 76

รูปที่ ก.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหย โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นมีค่าคงที่ประมาณ 32,724 ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศต่างๆ..... 77

รูปที่ ก.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหย โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นมีค่าคงที่ประมาณ 42,975 ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศต่างๆ..... 78

รูปที่ ก.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหย โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นมีค่าคงที่ประมาณ 58,124 ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศต่างๆ..... 79

รูปที่ หน้า

รูปที่ ก.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่น โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยมีค่าคงที่ประมาณ 29,638 ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศต่างๆ 80

รูปที่ ก.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่น โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยมีค่าคงที่ประมาณ 36,438 ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศต่างๆ..... 81

รูปที่ ก.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่น โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยมีค่าคงที่ประมาณ 49,810 ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศต่างๆ..... 82

รูปที่ ก.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่น โดยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยมีค่าคงที่ประมาณ 66,356 ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศต่างๆ..... 83

รูปที่ ก.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 66,356 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 58,124..... 84

รูปที่ ก.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 66,356 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 42,975..... 85

รูปที่ หน้า

รูปที่ ก.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 66,356 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 32,724..... 86

รูปที่ ก.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสายที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 66,356 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 22,352..... 87

รูปที่ ก.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 49,810 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 58,124..... 88

รูปที่ ก.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 49,810 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 42,975..... 89

รูปที่ ก.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสายที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 49,810 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 32,724..... 90

รูปที่ ก.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 49,810 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 22,352..... 91

รูปที่ หน้า

รูปที่ ก.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 36,438 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 58,124 92

รูปที่ ก.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 36,438 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 42,975..... 93

รูปที่ ก.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 36,438 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 32,724..... 94

รูปที่ ก.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 36,438 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 22,352..... 95

รูปที่ ก.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 29,638 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 58,124 96

รูปที่ ก.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม กับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 29,638 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 42,975..... 97

รูปที่ หน้า

รูปที่ ก.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 29,638 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 32,724..... 98

รูปที่ ก.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ระเหยเท่ากับ 29,638 และตัวเลขเรย์โนลด์ด้านคอยล์ควบแน่นเท่ากับ 22,352..... 99

รูปที่ ก.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างของอุณหภูมิเชิงลอกาลิธึมกับค่าผลต่างของอุณหภูมิอากาศสองสาย..... 100

รูปที่ ก.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมอุปกรณ์แลกเลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากคำนวณโดยแบบจำลองการนำความร้อน..... 101

รูปที่ ก.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมอุปกรณ์แลกเลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสหสัมพันธ์..... 102

รูปที่ ก.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสหสัมพันธ์..... 103

รูปที่ ก.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสหสัมพันธ์... 104

รูปที่ ก.36 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสหสัมพันธ์ (ค่าจากผลการทดลองอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม)..... 105

รูปที่ หน้า

รูปที่ ก.37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสหสัมพันธ์ (ค่าจากผลการทดลองอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม)..... 106

รูปที่ ก.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า(Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นคงที่เท่ากับ 0.5 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 107

รูปที่ ก.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า(Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นคงที่เท่ากับ 1 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 108

รูปที่ ก.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า(Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นคงที่เท่ากับ 1.5 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 109

รูปที่ ก.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า(Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นคงที่เท่ากับ 2 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 110

รูปที่ ก.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า(Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นคงที่เท่ากับ 3 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 111

รูปที่ หน้า

รูปที่ ก.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า (Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยคงที่เท่ากับ 0.5 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 112

รูปที่ ก.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า(Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยคงที่เท่ากับ 1 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 113

รูปที่ ก.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า (Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยคงที่เท่ากับ 1.5 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 114

รูปที่ ก.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า (Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยคงที่เท่ากับ 2 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 115

รูปที่ ก.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า (Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยคงที่เท่ากับ 3 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 116

รูปที่ ก.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศด้านคอยล์ระเหยกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์และค่า (Cmin/Ch) ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นคงที่ 0.5-3 m/s และอุณหภูมิอากาศภายนอก 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %RH..... 117

รูปที่ ก.49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศภายนอกกับค่าสมรรถนะของอุปกรณ์ที่ค่าความเร็วอากาศด้านคอยล์ควบแน่นและคอยล์ระเหยเท่ากับ 1 m/s.. 118

รูปที่ หน้า

รูปที่ ก.50 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนมกราคม 2542 119

รูปที่ ก.51 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนกุมภาพันธ์ 2542 120

รูปที่ ก.52 รูปที่ ก.52 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนมีนาคม 2542 121

รูปที่ ก.53 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศวันที่ 15 เมษายน 2542 122

รูปที่ ก.54 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนพฤษภาคม 2542 123

รูปที่ ก.55 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนมิถุนายน 2542 124

รูปที่ ก.56 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนกรกฎาคม 2542..... 125

รูปที่ ก.57 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนสิงหาคม 2542..... 126

รูปที่ ก.58 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนกันยายน 2542..... 127

รูปที่ หน้า

รูปที่ ก.59 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนตุลาคม 2542..... 128
รูปที่ ก.60 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนพฤศจิกายน 2542..... 129
รูปที่ ก.61 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศที่ออกจากอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม โดยใช้ข้อมูลอากาศเดือนธันวาคม 2542 130

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์		หน่วย
A	พื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อน	m^2
A_b	พื้นที่ผิวของของคอยล์ส่วนที่ไม่มีครีบ	m^2
A_f	พื้นที่ผิวของครีบ	m^2
A_{ic}	พื้นที่ผิวด้านในของคอยล์ด้านในควบแน่น	m^2
A_{ih}	พื้นที่ถ่ายเทความร้อนด้านในของคอยล์ระเหย	m^2
A_{oc}	พื้นที่ถ่ายเทความร้อนด้านนอกของคอยล์ควบแน่น	m^2
A_{oh}	พื้นที่ถ่ายเทความร้อนด้านนอกของคอยล์ระเหย	m^2
C_c	ผลคูณของค่ามวลกับความร้อนจำเพาะของอากาศด้านคอยล์ควบแน่น	J/s °C
C_h	ผลคูณของค่ามวลกับความร้อนจำเพาะของอากาศด้านคอยล์ระเหย	J/s °C
c_p	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ	J/kg °C
c_{ph}	ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศด้านคอยล์ระเหย	J/kg °C
c_{p_h}	ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศด้านคอยล์ควบแน่น	J/kg °C
c_{pm}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศชื้น	J/kg °C
c_{pl}	ค่าความร้อนจำเพาะของของเหลวอิ่มตัว	J/kg °C
C_{sf}	ค่าคงที่ที่ได้จากการทดลองซึ่งเป็นค่าเฉพาะของคู่ผิวแข็ง-ของเหลว	-
D_i	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ	m
D_o	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ	m
dm_s	อัตราการไหลเชิงมวล	kg/s
dq_L	อัตราการถ่ายเทความร้อนแฝง	W
E_{dec}	สมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง	%
E_{hx}	ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	%
$E_{hx,c}$	ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้านคอยล์ควบแน่น	%
$E_{hx,cal}$	ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้จากการคำนวณ	%
$E_{hx,h}$	ค่าสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้านคอยล์ควบแน่น	%
E_{iec}	สมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อม	%
$E_{iec,cal}$	สมรรถนะของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยอ้อมที่ได้จากสหสัมพันธ์	%

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์		หน่วย
G	อัตราการไหลของอากาศ	$kg_{dry\ air}/s$
g	ความเร่งภายใต้แรงโน้มถ่วง	m/s^2
g_c	ตัวคูณแปลงหน่วย	-
h_b	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับท่อส่วนที่ไม่ได้ติดครีบ	$W/m^2\ ^oC$
h_c	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน	$W/m^2\ ^oC$
h_d	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล	m/s
h_f	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของครีบ	$W/m^2\ ^oC$
h_{fg}	ค่าเอนทาลปีของการระเหย	kJ/kg ^oC
h_{ic}	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการควบแน่น	$W/m^2\ ^oC$
h_{ih}	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแบบการเดือดผ่านฟิล์มในคอยล์ระเหย	$W/m^2\ ^oC$
h_{oc}	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนภายนอกด้านคอยล์ควบแน่น	$W/m^2\ ^oC$
h_{oh}	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนภายนอกด้านคอยล์ระเหย	$W/m^2\ ^oC$
k_f	ค่าความนำความร้อนของครีบ	W/kg ^oC
k_l	ค่าความนำความร้อนของของเหลวใช้งาน	W/kg ^oC
L	ความยาวของครีบ	m
L_c	ความยาวท่อด้านคอยล์ระเหย	m
L_f	ความยาวประสิทธิผลของครีบ	m
LR	Lewis number	-
m_h	อัตราการไหลอากาศด้านคอยล์ระเหย	kg/s
m_c	อัตราการไหลอากาศด้านคอยล์ควบแน่น	kg/s
N_f	จำนวนครีบทั้งหมด	ครีบ
N_t	จำนวนท่อทั้งหมดของคอยล์	ท่อ
Nu	ค่า Nusselt number	-
Pr	ค่า Prandalt number	-
Pr_l	ค่า Prandalt number ของของเหลวใช้งาน	-
$p_{s,l}$	ความดันไอของของน้ำ	Pa
$p_{s,a}$	ความดันไอของน้ำในอากาศ	Pa

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์		หน่วย
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน	W
Q_{act}	อัตราการถ่ายเทความร้อนจริง	W
Q_{avg}	อัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย	W
Q_c	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ทำให้เกิดการควบแน่น ด้านคอยล์ควบแน่น	W
Q_h	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ก่อให้เกิดการเดือด ด้านคอยล์ระเหย	W
q_s	อัตราการถ่ายเทความร้อนสัมผัส	W
q_l	อัตราการถ่ายเทความร้อนแฝง	W
Q_{max}	อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุด	W
Q_P	อัตราการถ่ายเทความร้อนของฮีทไปป์แท่งที่ P	W
R	ค่าความต้านทานความร้อน	°C/W
Re_c	ค่า Renold number ของอากาศด้านคอยล์ควบแน่น	-
Re_h	ค่า Renold number ของอากาศด้านคอยล์ระเหย	-
Re_L	ค่า Renold number	-
R_s	ค่า Gas constant of water vapor	kJ/kmole °K
R_T	ค่าความต้านทานความร้อนรวม	°C/W
St	ค่า Stanton number	-
T_{ci}	อุณหภูมิของของไหลเย็นที่เข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	°C
T_{co}	อุณหภูมิของของไหลเย็นที่ผ่านออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	°C
t_f	ความหนาครีบ	m
T_{hi}	อุณหภูมิของของไหลร้อนที่เข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	°C
T_{ho}	อุณหภูมิของของไหลร้อนที่เข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	°C
T_i	ค่าอุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง i ; i=1,2,3,4	°C
t_i	อุณหภูมิผิวเปียก	°C
T_{wb}	อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศขาเข้า	°C
$T_{w,c}$	อุณหภูมิของผิวท่อด้านในคอยล์ควบแน่น	°C
$T_{w,h}$	อุณหภูมิของผิวท่อด้านในคอยล์ระเหย	°C
ΔT_{lm}	ผลต่างของอุณหภูมิเชิงลอกาลิทึม (Log mean temperature difference ,LMTD)	°C

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์		หน่วย
U	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	$W/m^2\ ^\circ C$
v_l	ค่า Kinematics viscosity	m^2/s
W	ความกว้างของครีบ	m
w_l	สัดส่วนความชื้นของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิของผิวเปียก	-
w_a	สัดส่วนความชื้นของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิของอากาศภายนอก	-
σ	แรงตึงผิวของของเหลวใช้งาน	N/m
μ_l	ความหนืดของของเหลวใช้งาน	kg/m-s
ρ_a	ความหนาแน่นของอากาศ	kg/m^3
ΔT_{lm}	ผลต่างของอุณหภูมิเชิงลอกาลิทึม (Log mean temperature difference ,LMTD)	$^\circ C$