



การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหอ ทำน้ำเย็นระบบปิดแบบไหลขวางกัน

THE STUDY AND DESIGN OF HEAT TRANSFER ENHANCEMENT OF CLOSED WET CROSSFLOW COOLING TOWER

ดวงฤดี บุตรกุล¹, พิษัย อัญญาภรณ์², อโณทัย สุขแสงพนมรุ่ง³

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพถ่ายเทความร้อนในหอทำน้ำเย็นแบบระบบปิดขนาด 5 ตันความเย็น โดยการปรับปรุงรูปแบบการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำเปรียบเทียบกับการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำรูปแบบเดิม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน โดยทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน ประกอบด้วย การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล และอัตราการไหลของน้ำสเปรย์กับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน โดยรูปแบบการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำรูปแบบเดิมจะให้แผงกระจายละอองน้ำวางอยู่เหนือคอยล์ทองแดงทั้งหมด และน้ำสเปรย์จะไหลผ่านแผงกระจายละอองน้ำด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนรูปแบบใหม่ที่ปรับปรุงได้มีการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำโดยแบ่งให้มีปริมาตรเล็กลงและนำไปแทรกระหว่างชั้นคอยล์ทองแดงเพื่อเพิ่มขั้นตอนการแลกเปลี่ยนความร้อน ผลการวิจัยพบว่า การจัดวางแผงกระจายละอองน้ำที่แทรกระหว่างชั้นคอยล์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและมวลสูงกว่าการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำในรูปแบบเดิม ผลการทดสอบอัตราการถ่ายเทมวลจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้น และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลของน้ำสเปรย์เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: หอทำน้ำเย็นระบบปิด, หอทำน้ำเย็นแบบไม่สัมผัสโดยตรง, ประสิทธิภาพหอทำน้ำเย็น, สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและมวล

Abstract

This research is to study the enhancing of the performance of heat transfer in the closed wet cooling tower with have 5 refrigerant ton capacity, by improving the PVC filler and comparing with the old pattern. The objective is to increase the performance of heat transfer by testing the effect of parameters which are influenced consisting of, firstly, the relationship between the mass transfer coefficient and the air flow rate at the surface area of water and air, and secondly, the relationship between the heat transfer and the water spray flow rate. For the old PVC filler pattern, the PVC filler is located above the copper tubes and the spray water will be flowed through the PVC filler by the gravity effect, while the new pattern of PVC filler is designed to be smaller

and inserted between the stack of copper tubes. The results show that the performance of heat transfer and mass transfer of the new PVC filler are higher than the old one's. The mass transfer rate will be increased when the air flow rate is increased, and the heat transfer coefficient will be increased when the spray water flow rate is increased.

Keywords: Closed wet cooling tower, Indirect cooling tower, Cooling capacity, Heat and mass transfer coefficients

บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ อุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่นๆ จะมีการใช้เครื่องจักรที่ต้องการน้ำระบายความร้อนจากหอทำน้ำเย็นที่สะอาด ดังนั้นระบบการระบายความร้อนภายในหอทำน้ำเย็นจะต้องเป็นระบบปิด (Closed wet cooling tower) เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำสัมผัสกับอากาศโดยตรง เนื่องจากการสัมผัสโดยตรงจะทำให้ฝุ่นละอองปนเข้าไปในระบบน้ำได้ ก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันและปัญหาการควบคุมคุณภาพน้ำค่อนข้างยาก ปัจจุบันได้มีการนำเข้าหอทำน้ำเย็นระบบปิดจากต่างประเทศ ซึ่งราคาสูงกว่าส่วนผู้ผลิตในประเทศเล็กน้อย ผู้ใช้งานส่วนมากเลือกที่จะใช้ของต่างประเทศเนื่องจากราคาที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและยังสามารถให้ข้อมูลด้านวิศวกรรมได้ดีเมื่อสภาวะของการใช้งานเปลี่ยนแปลงจากที่ออกแบบ เช่น การการติดตั้งหอทำน้ำเย็นใหม่จะไม่สามารถทดสอบตามสภาวะที่ออกแบบเนื่องจากไม่สามารถควบคุมอากาศภายนอกได้ ดังนั้นถ้าทดสอบอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ต่ำกว่าที่ออกแบบ น้ำเย็นจากหอทำน้ำเย็นจะเย็นกว่าที่ออกแบบ แต่เมื่ออุณหภูมิกระเปาะเปียกเพิ่มขึ้น อุณหภูมิน้ำเย็นอาจจะสูงกว่าที่ออกแบบ ซึ่งอาจจะส่งผลเสียหายต่อระบบได้

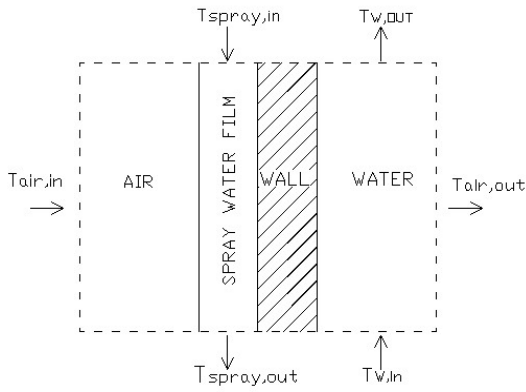
การพัฒนาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและการศึกษาผลกระทบของตัวแปรซึ่งเป็นข้อมูลทางวิศวกรรมอย่างเป็นระบบ ก็จะเป็นการช่วยเพิ่มศักยภาพการแข่งขันรวมทั้งจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้งานอย่างยิ่งสำหรับการป้องกันความเสียหายจากการใช้งาน และข้อมูลการทำนายอุณหภูมิของน้ำเย็นที่สภาวะอากาศต่างๆ จะเป็นประโยชน์ในเรื่องการประหยัดพลังงานในระบบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการออกแบบรูปแบบการจัดวางแผงการ

กระจายละอองน้ำใหม่ และศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็นแบบปิดแบบไหลขวางกันที่ได้ทำการปรับปรุง โดยจะทำการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปร อัตราการไหลของน้ำสเปรย์สัมพันธ์ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนจากน้ำในท่อถึงผิวน้ำสเปรย์อัตราการไหลของอากาศ และสัมพันธ์ประสิทธิภาพถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำสเปรย์และอากาศ

การศึกษาการถ่ายเทความร้อนในหอทำน้ำเย็นระบบปิดจะใช้แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของ Armando Oliveira และ Jorge Facao [1] ภาพที่ 1 เป็นปริมาตรควบคุมที่ทำการศึกษา โดยกำหนดให้ที่ผิวสัมผัสของอากาศเป็นอากาศอิมมิตซ์ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำสเปรย์ ดังนั้นความดันที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำสเปรย์และอากาศจะมีค่าสูงกว่าอากาศ ทำให้เกิดการถ่ายเทมวล ซึ่งส่งผลให้เกิดกระบวนการการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัส (Latent heat) เช่นเดียวกันความต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวสัมผัสของน้ำกับอากาศ จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนด้วยการพา (Convection heat transfer)

การพิจารณาแบบจำลองสมการพื้นฐานการถ่ายเทมวลและความร้อนที่เกิดใช้สมมุติฐานดังนี้

1. การถ่ายเทความร้อนระหว่างหอทำน้ำเย็นและสิ่งแวดล้อมถือว่าน้อย และไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณ
2. กำหนดให้ความร้อนจำเพาะของของไหลมีค่าคงที่
3. น้ำสเปรย์เคลือบคลุมท่อทั้งหมดอย่างสม่ำเสมอ และการกระจายระหว่างน้ำและอากาศสม่ำเสมอทั่วหน้าตัด



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณควบคุมของการถ่ายเทความร้อนในหอทำน้ำเย็นระบบปิดแบบไหลตัดขวาง

การพิจารณาการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำในท่อจนถึงผิวของน้ำสเปรย์สามารถนำมาคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน โดยใช้วิธีความต้านทานเชิงความร้อนได้ผลของสมการแสดงดังนี้

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_w} \frac{d_{ext}}{d_{int}} + \frac{d_{ext}}{2k_{tube}} \ln \frac{d_{ext}}{d_{int}} + \frac{1}{\alpha_{spray}} \quad (1)$$

การคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสามารถคำนวณได้จากสมการการสมดุลของมวลดังนี้

$$m_{air}(x_{air,out} - x_{air,in}) = \alpha_m A \Delta x_{LM} \quad (2)$$

โดยที่
$$\Delta x_{LM} = \frac{x_{air,out} - x_{air,in}}{\ln \frac{x_{sat,i} - x_{air,in}}{x_{sat,i} - x_{air,out}}} \quad (3)$$

จากสมการ (3) ค่าความชื้นของอากาศสามารถคำนวณได้จากความต่างของเอนทาลปีดังในสมการ (4)

$$m_{air}(h_{air,out} - h_{air,in}) = \alpha_m A \Delta h_{LM} \quad (4)$$

โดยที่
$$\Delta h_{LM} = \frac{h_{air,out} - h_{air,in}}{\ln \frac{h_{sat,Ti} - h_{air,in}}{h_{sat,Ti} - h_{air,out}}} \quad (5)$$

อุณหภูมิน้ำสเปรย์กำหนดให้เท่ากับอุณหภูมิผิวร่วมและเอนทาลปีด้านนอกถูกคำนวณจากสมการสมดุลเอนทาลปี

การคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างท่อและน้ำสเปรย์สามารถหาได้จากการทดลองและคำนวณได้จากการสมดุลของสมการดังนี้

$$m_w c_{p_w} (T_{w,in} - T_{w,out}) = KA \Delta T_{LM} \quad (6)$$

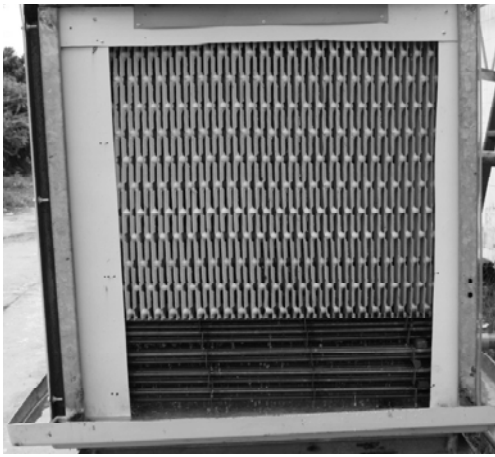
$$\Delta T_{LM} = \frac{T_{w,out} - T_{w,in}}{\ln \left(\frac{T_{w,out} - T_{spray}}{T_{w,in} - T_{spray}} \right)} \quad (7)$$

จากสมการ (1) สามารถหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวภายนอกท่อและฟิล์มน้ำสเปรย์ดังนี้

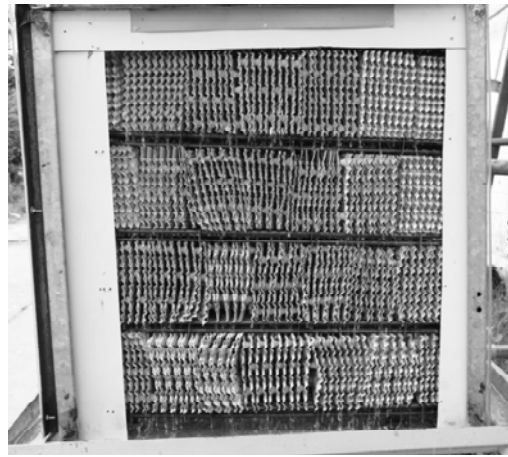
$$\alpha_{spray} = \left[\frac{1}{K} - \frac{d_{ext}}{\alpha_w d_{int}} - \frac{d_{ext}}{2k_{tube}} \ln \left(\frac{d_{ext}}{d_{int}} \right) \right]^{-1} \quad (8)$$

อุปกรณ์ทดลองและวิธีการดำเนินการวิจัย

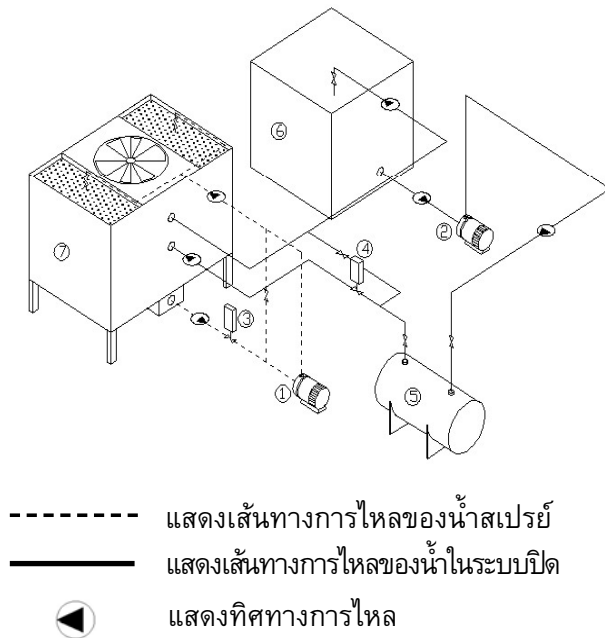
การดำเนินการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนในหอทำน้ำเย็นประกอบด้วย 2 ส่วนได้แก่ การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำสเปรย์กับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากน้ำในท่อถึงผิวน้ำสเปรย์ และการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลระหว่างผิวสัมผัสร่วมระหว่างน้ำสเปรย์และอากาศของหอทำน้ำเย็นรูปแบบการจัดวางแผงละอองน้ำแบบเดิมและการจัดวางแบบใหม่ โดยหอทำน้ำเย็นรูปแบบการจัดวางแผงละอองน้ำแบบเดิมและการจัดวางแบบใหม่แสดงดังภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 แสดงหอทำน้ำเย็นรูปแบบการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำแบบเดิมที่ผลิต



ภาพที่ 3 แสดงหอทำน้ำเย็นรูปแบบการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำแบบใหม่



คำอธิบายหมายเลข

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. แสดงปั้มน้ำสเปรย์ | 5. แสดงเครื่องทำน้ำร้อน |
| 2. แสดงปั้มน้ำระบบปิด | 6. แสดงถังน้ำร้อน |
| 3. แสดงเครื่องวัดอัตราการไหล | 7. แสดงหอทำน้ำเย็น |
| 4. แสดงเครื่องวัดอัตราการไหล | |

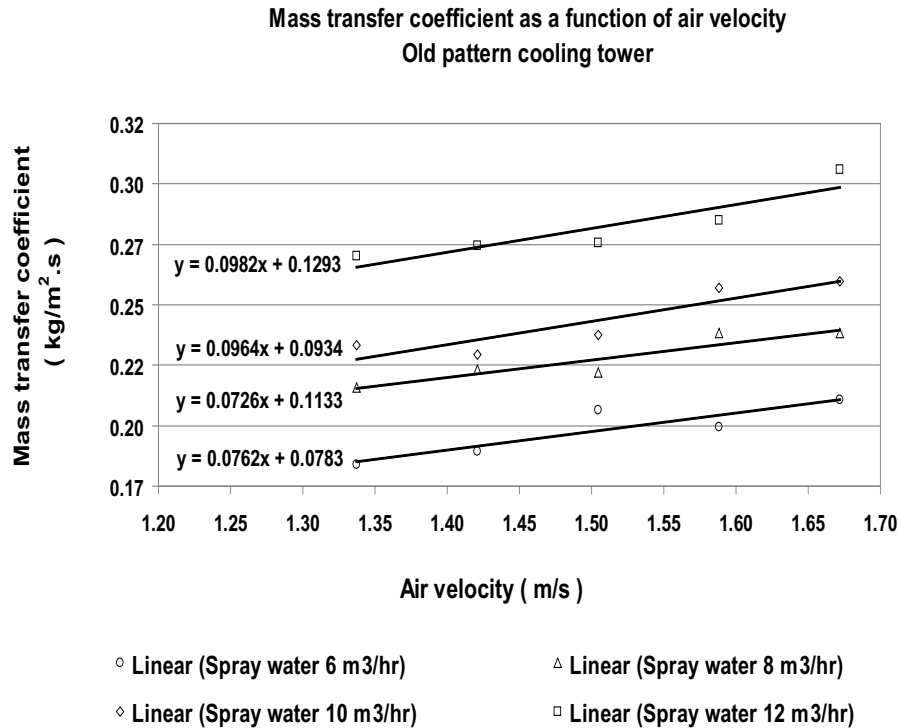
ภาพที่ 4 แสดงการต่ออุปกรณ์ของชุดทดสอบหอทำน้ำเย็น

ภาพที่ 4 เป็นการแสดงไดอะแกรมของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทดสอบสำหรับการวิจัย โดยเส้นทึบเป็นเส้นทางการไหลของน้ำที่ต้องการระบายความร้อนซึ่งอยู่ในระบบปิด โดยน้ำที่จะทำการบำบัดจะถูกดูดโดยปั้ม ② จากถังน้ำร้อน ⑥ เพื่อส่งเข้าไปในเครื่องทำความร้อน ⑤ และถูกวัดโดยเครื่องมือวัดอัตราการไหล ④ ก่อนส่งเข้าไปในหอทำความเย็น ⑦ สำหรับเส้นประเป็นการแสดงเส้นทางการไหลของน้ำสเปรย์ที่ถูกดูดโดยปั้มน้ำ ① เข้าสู่ด้านบนของหอทำความเย็น และถูกปล่อยจากด้านบนของหอทำความเย็นโดยจะไหลสวนทางกับน้ำร้อนจากระบบปิด โดยน้ำสเปรย์ที่ตกลงมาบริเวณด้านล่างจะถูกตรวจสอบอัตราการไหลโดยเครื่องมือวัดอัตราการไหล ③

ผลการวิจัย

1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของแผงกระจายละอองน้ำแบบเดิม ผลการทดสอบแสดงในภาพที่ 5

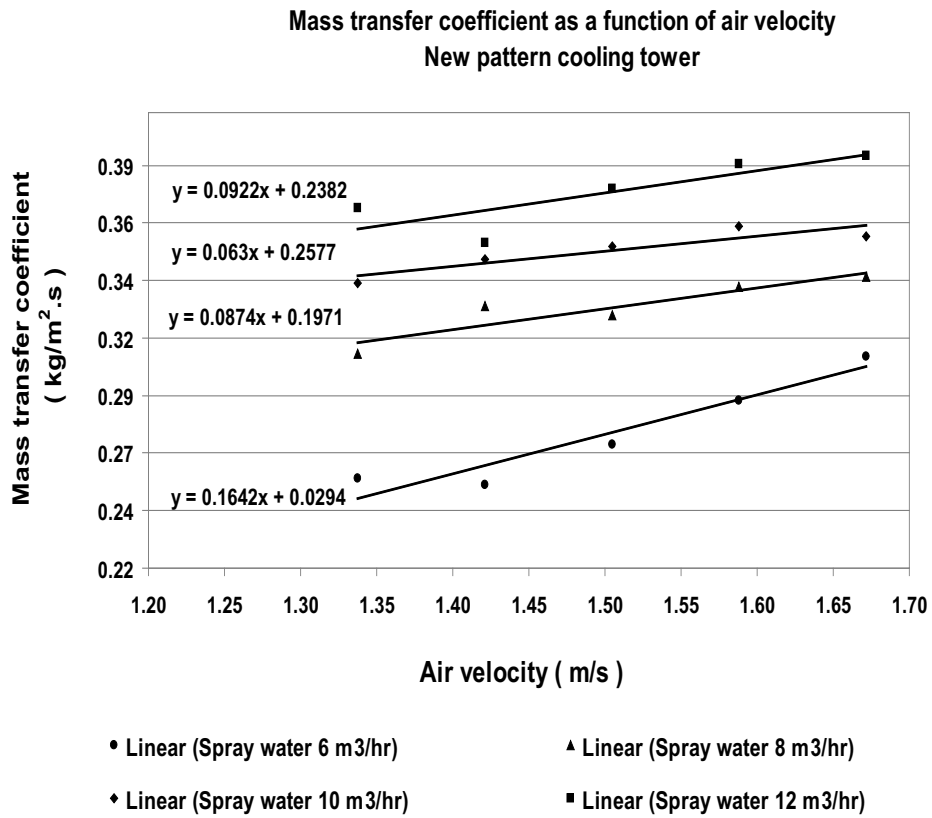


ภาพที่ 5 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเปรียบเทียบกับความเร็วของอากาศของหอทำความเย็นรูปแบบเดิม

ภาพที่ 5 แสดงกราฟสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเทียบกับความเร็วอากาศของหอทำน้ำเย็นแบบการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำแบบเดิม จากกราฟสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่อัตราการไหลของน้ำสเปรย์ที่ 6 m³/hr, 8m³/hr, 10 m³/hr และ 12 m³/hr มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้น ผลจากการที่มวลของน้ำระเหยมากขึ้นจะเกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัส (Latent heat) เพิ่มขึ้น ดังนั้นน้ำสเปรย์รอบผิวสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศมีอุณหภูมิลดลง เนื่องจากน้ำสเปรย์ถ่ายเทความร้อนให้กับมวลน้ำที่ระเหย อุณหภูมิน้ำสเปรย์ที่ลดลง ส่ง

ผลให้การถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในคอยล์แลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหอทำน้ำเย็นที่เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น

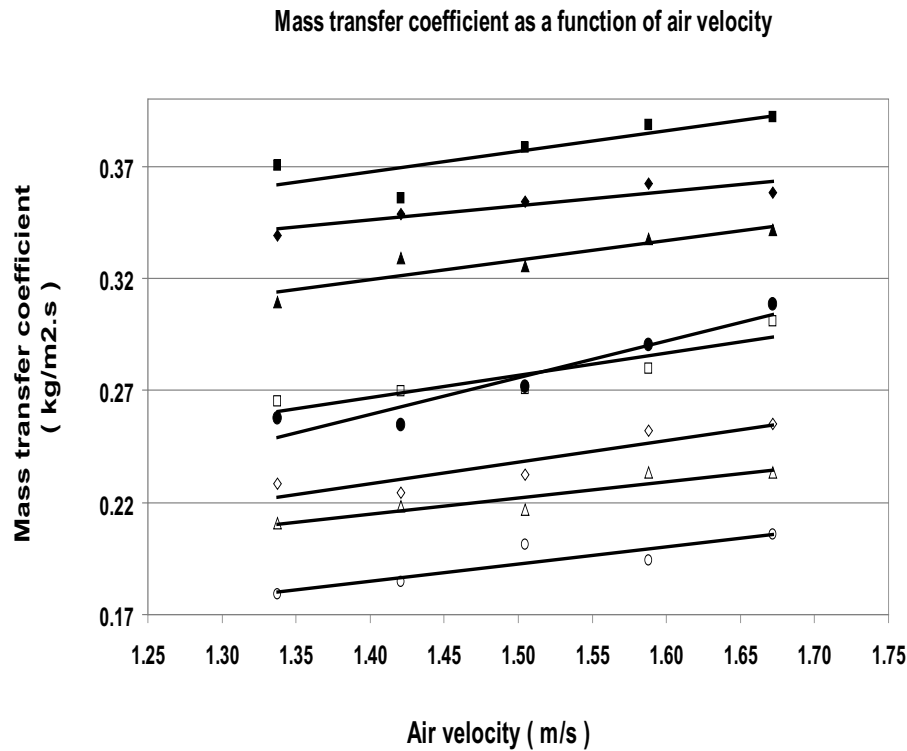
จากกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลกับการเพิ่มอัตราการไหลของน้ำสเปรย์ แนวโน้มสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการไหลของน้ำสเปรย์เพิ่มขึ้นจากการคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของน้ำสเปรย์ที่ 8 m³/hr, 10 m³/hr และ 12 m³/hr จะสูงกว่า อัตราการไหลของน้ำสเปรย์ที่ 6 m³/hr เท่ากับ 5.21%, 7.60%, 10.04% ตามลำดับ



ภาพที่ 6 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่มีผลต่อความเร็วของอากาศของหอทำความเย็นรูปแบบใหม่

ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหลของอากาศกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของแผงกระจายละอองน้ำแบบใหม่ การทดสอบได้ดำเนินการเช่นเดียวกับกรณีหอทำความเย็นรูปแบบเดิมที่ค่าอัตราการไหลของน้ำสเปรย์ที่ 6 m³/hr, 8 m³/hr, 10 m³/hr และ 12 m³/hr พบว่าค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทมวลขึ้นอยู่กับ

ความเร็วอากาศในหอทำน้ำเย็นซึ่งจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้น จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของน้ำสเปรย์ที่ 8 m³/hr, 10 m³/hr, 12 m³/hr จะสูงกว่าอัตราการไหลของน้ำสเปรย์ 6 m³/hr อยู่เท่ากับ 2.95%, 4.54%, 8.40% ตามลำดับ



- Old Pattern (Spray water 6 m³/hr) △ Old pattern (Spray water 8 m³/hr) ◇ Old pattern (Spray water 10 m³/hr)
 □ Old pattern (Spray water 12 m³/hr) ● New pattern (Spray water 6 m³/hr) ▲ New pattern (Spray water 8 m³/hr)
 ◆ New pattern (Spray water 10 m³/hr) ■ New pattern (Spray water 12 m³/hr)

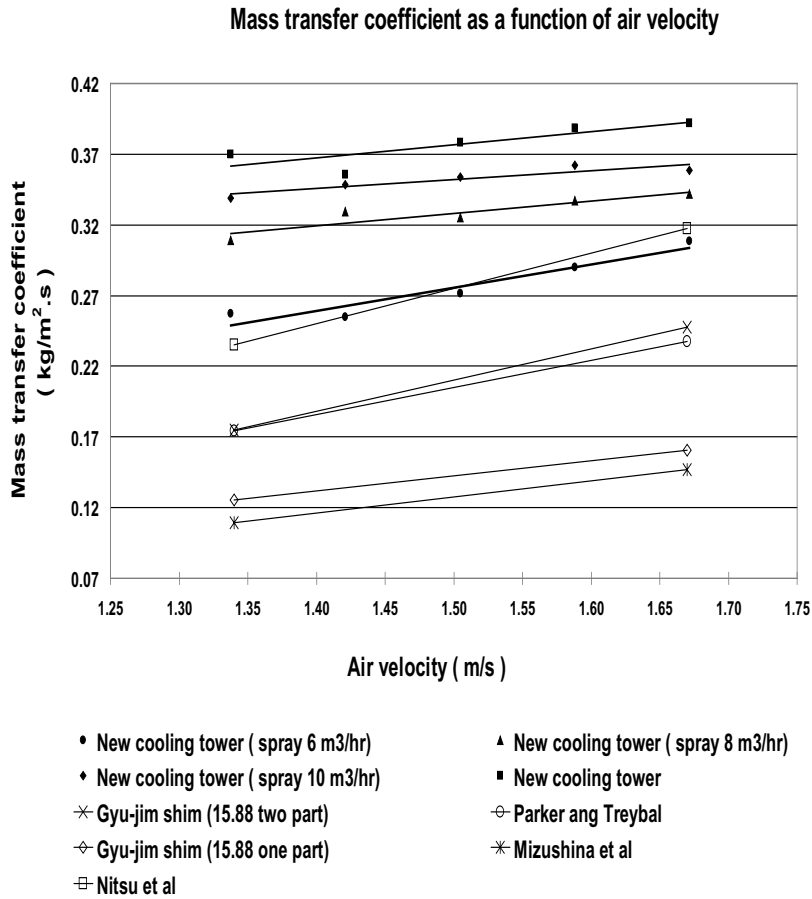
ภาพที่ 7 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่มีผลต่อความเร็วของอากาศ

ภาพที่ 7 แสดงกราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลระหว่างหอทำน้ำเย็นที่มีการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำแบบเดิมและแบบใหม่ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำแบบใหม่จะสูงกว่าแบบเดิมโดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลจะเพิ่มจากเดิมที่อัตราการไหลน้ำสเปรย์ 6 m³/hr, 8 m³/hr, 10 m³/hr และ 12 m³/hr โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 8.35 %, 10.61 %, 11.41 % และ 9.99 % ตามลำดับ

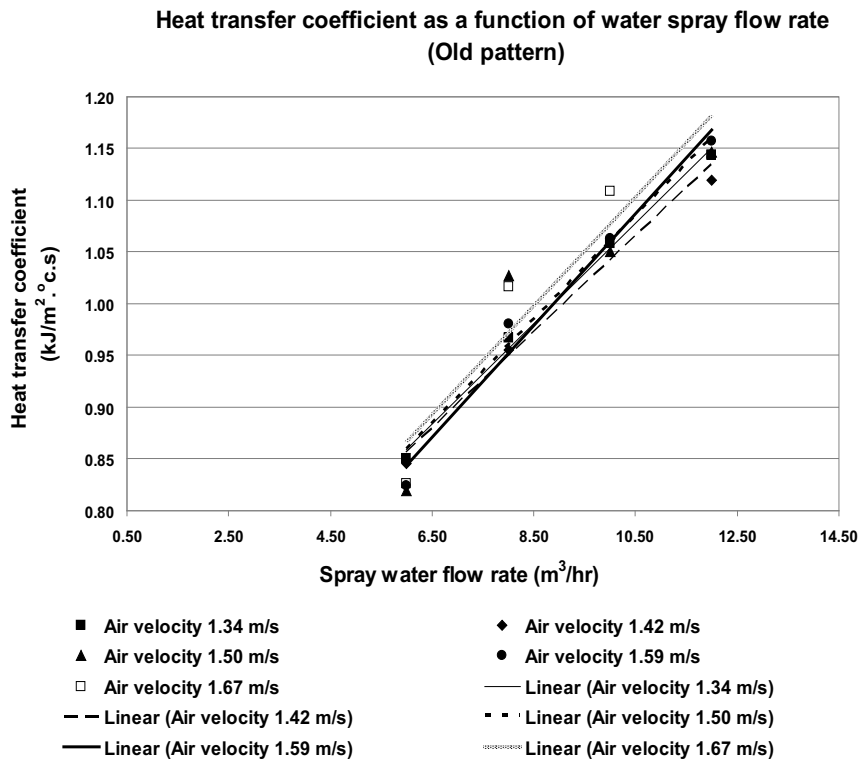
ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของแผงกระจายละอองน้ำแบบใหม่เปรียบเทียบกับ Paker and Treybal [2], Nitsu et al. [3], Mizushina et al. [4], Gyu-Jin et al. [5] ซึ่งเป็นหอทำน้ำเย็นระบบปิดแบบไหลสวนทางกัน และมี

ลักษณะของคอยล์แลกเปลี่ยนความร้อนที่รูปทรงแตกต่างกัน แสดงในภาพที่ 8 จากผลการทดสอบเปรียบเทียบกับงานวิจัยเดิมพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งทุกกรณีสอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

อย่างไรก็ตามสำหรับหอทำน้ำเย็นแบบการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำแบบใหม่จะให้ค่าโดยเฉลี่ยสูงกว่าหอทำน้ำเย็นแบบอื่น แต่ผลการทดสอบนี้ยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนจะดีที่สุดที่หอทำความร้อนแบบใด เนื่องจากเงื่อนไขการกำหนดค่าตัวแปรที่มีผลกระทบบการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิกระเปาะเปียก อัตราการไหลของน้ำสเปรย์ เป็นต้น



ภาพที่ 8 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่มีผลต่อความเร็วของอากาศเปรียบเทียบกับผลการทดลอง



ภาพที่ 9 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำสเปรย์

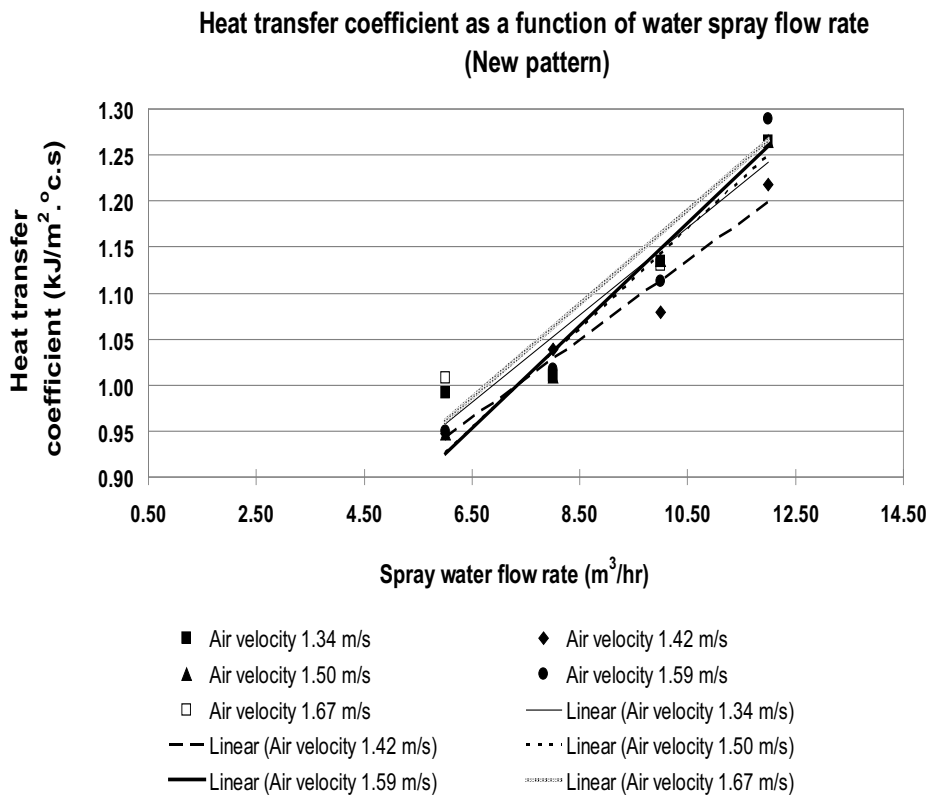
2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำสเปรย์กับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำสเปรย์กับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแผงกระจายละอองน้ำแบบเดิม ผลการทดสอบแสดงในภาพที่ 9 พบว่าที่ทุกค่าของความเร็วอากาศ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลของน้ำสเปรย์เพิ่มขึ้น และการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ความเร็วของอากาศต่างๆ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าแตกต่างกันไม่มาก สังเกตจากกราฟจะเกาะกลุ่มกัน

ทั้งนี้แสดงว่าค่าความเร็วอากาศส่งผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับอัตราการไหลของน้ำสเปรย์

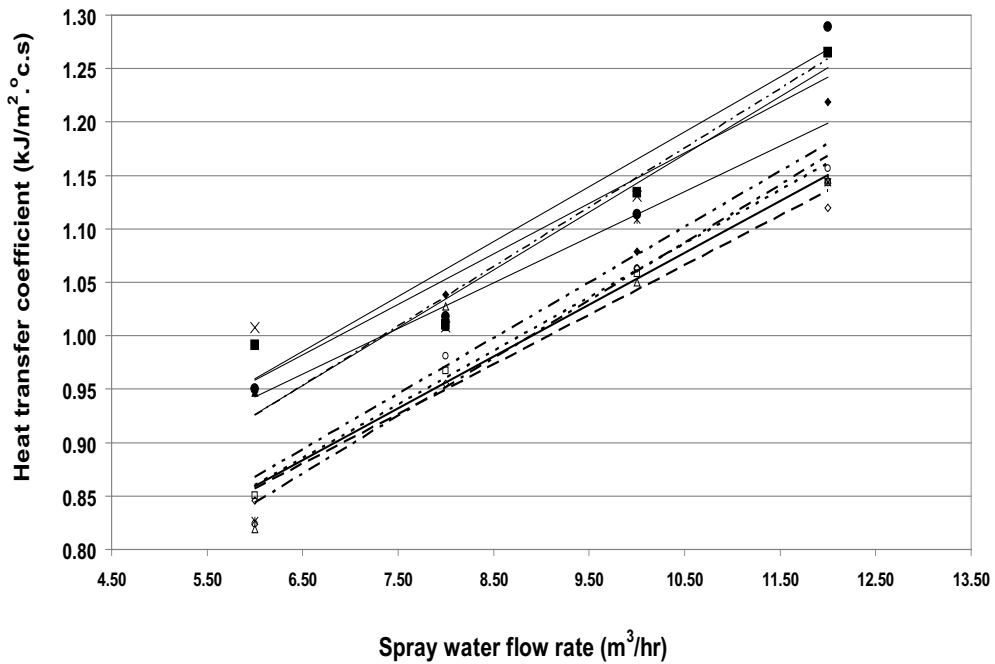
ภาพที่ 10 แสดงกราฟสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเปรียบเทียบกับอัตราการไหลของน้ำสเปรย์ของหอทำความเย็นที่มีรูปแบบของแผงกระจายละอองน้ำแบบใหม่ ผลการทดสอบพบว่าให้ผลเหมือนกับหอทำความเย็นที่มีรูปแบบเดิม

สำหรับการเปรียบเทียบผลศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำสเปรย์เปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแผงกระจายละอองน้ำแบบเดิมและแบบใหม่ผลการทดสอบแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 10 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำสเปรย์

Heat transfer coefficient as a function of water spray flow rate



- New pattern (Air velocity 1.34 m/s)
- ▲ New pattern (Air velocity 1.50 m/s)
- × New pattern (Air velocity 1.67 m/s)
- ◇ Old pattern (Air Velocity 1.42 m³/hr)
- Old pattern (Air velocity 1.59 m/s)
- ◆ New pattern (Air velocity 1.42 m/s)
- New pattern (Air velocity 1.59 m/s)
- Old pattern (Air velocity 1.34 m/s)
- △ Old pattern (Air velocity 1.50 m/s)
- × Old pattern (Air velocity 1.67 m/s)

- New pattern linear (Air velocity 1.34 m/s)
- New pattern linear (Air velocity 1.42 m/s)
- New pattern linear (Air velocity 1.50 m/s)
- - - - - New pattern linear (Air velocity 1.59 m/s)
- · - · - New pattern linear (Air velocity 1.67 m/s)
- Old pattern linear (Air velocity 1.34 m/s)
- - - - - Old pattern linear (Air velocity 1.42 m/s)
- Old pattern linear (Air velocity 1.50 m/s)
- · - · - Old pattern linear (Air velocity 1.59 m/s)
- · - · - Old pattern linear (Air velocity 1.67 m/s)

ภาพที่ 11 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำสเปรย์

ภาพที่ 11 แสดงกราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำแบบเดิมและแบบใหม่ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการจัดวางแผงกระจายละอองน้ำแบบใหม่จะสูงกว่าการจัดวางแผง

กระจายละอองน้ำแบบเดิม โดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มจากเดิมที่ความเร็วอากาศ 1.34 m/s, 1.42 m/s, 1.50 m/s, 1.59 m/s และ 1.67 m/s โดยเฉลี่ยเท่ากับ 9.53%, 7.5%, 7.81%, 8.69% และ 9.02 % ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพถ่ายเทความร้อนในหอทำน้ำเย็นแบบระบบปิด (Closed wet cooling tower) ขนาด 5 ตันความเย็น โดยการปรับปรุงการจัดวางกระจายละอองน้ำในรูปแบบใหม่เปรียบเทียบกับการจัดวางกระจายละอองน้ำรูปแบบเดิม เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

ผลการวิจัยพบว่า การจัดวางกระจายละอองน้ำที่แทรกระหว่างชั้นคอยล์แลกเปลี่ยนความร้อน จะมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและมวลสูงกว่าการจัดวางกระจายละอองน้ำแบบเดิม

สำหรับผลการทดสอบอัตราการถ่ายเทมวล พบว่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้น โดยการทดสอบที่อัตราการไหลของน้ำสเปรย์ที่ 6 m³/hr, 8 m³/hr, 10 m³/hr และ 12 m³/hr ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของการจัดวางกระจายละอองน้ำแบบใหม่เพิ่มขึ้นจากรูปแบบเดิมเฉลี่ยที่ 8.35%, 10.61%, 11.41% และ 9.99% ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลของน้ำสเปรย์เพิ่มขึ้น โดยในการทดสอบที่ความเร็วของอากาศ 1.34 m/s, 1.42 m/s, 1.50 m/s, 1.59 m/s และ 1.67 m/s นั้นพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการจัดวางกระจายละอองน้ำแบบใหม่เพิ่มขึ้นจากรูปแบบเดิมเฉลี่ยที่ 9.53%, 7.50%, 7.81%, 8.69% และ 9.02% ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.พิชัย อัมภมมงคล ที่ได้เอื้อเฟื้อเพื่อขอแนะนำในการศึกษาค้นคว้า และ พ.อ.ผศ.ดร. อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า รวมทั้งตรวจทานข้อผิดพลาดต่าง ๆ สำหรับงานวิจัยนี้

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์

A	พื้นที่ (m ²)
c_p	ความร้อนจำเพาะ (J/kg.K)
d	เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (m)
h	เอนทาลปีจำเพาะ (J/kg)
K	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมระหว่างน้ำในท่อ/ท่อ/น้ำสเปรย์ (W/m ² .K)
k	ค่าการนำความร้อน (W/m.K)
m	อัตราการถ่ายเทมวล (kg/s)
q	อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (W/m ²)
Re	เรย์โนลด์นัมเบอร์
x	อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำและมวลของอากาศแห้ง (kg water / kg dry air)
T	อุณหภูมิ (K)
α_m	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลระหว่างน้ำสเปรย์และอากาศ (kg/s.m ²)
α_{spray}	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวท่อด้านนอกถึงผิวน้ำสเปรย์ (W/m ² .K)
α_w	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนน้ำภายในท่อ (W/m ² .K)

สัญลักษณ์กำกับล่าง

air	อากาศ
ext	ด้านนอก
i	ผิวสัมผัสระหว่างน้ำสเปรย์และอากาศ
in	ตำแหน่งทางเข้าของหอทำน้ำเย็น
int	ด้านใน
LM	Logarithmic mean difference
out	ตำแหน่งทางออกของหอทำน้ำเย็น
sat	ที่สภาวะอิ่มตัว
spay	น้ำสเปรย์
tube	ท่อ
w	น้ำในท่อ
wb	กระเปาะเปียก

เอกสารอ้างอิง

- [1] Armando, O. and Jorge, F. (2004). Heat and Mass Transfer Correlation for the Design of Small Indirect Contact Cooling Towers. *Applied thermal engineering*. 24 (14-15), 1969-1978.
- [2] Parker, R.O., and Treybal, R.E. (1961). The Heat-and-Mass Transfer of Evaporative Coolers. *Chemical Engineering Progress Symposium Series*. pp 57-32. & pp 138-149.
- [3] Niitsu, Y., Naito, K., and Anzai, T. (1969). Studies on Characteristics and Design Procedure of Evaporative Coolers. *Journal of SHASE*, 43(7), 581-590.
- [4] Mizushina, R.I.T., and Miyashita, H. (1967). Experimental Study of an Evaporative Cooler. *International Chemical Engineering*. 7(4), 727-732.
- [5] Gyu, J.S., and Seung, M.B., Choon, G.M., Ho, S.L., and Jung, I.Y. (2008). Performance Characteristics of a Closed Circuit Cooling Tower with Multi Path. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 46, 310-314.