SWU Engineering Journal (2013) 8(1), 10-15
วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน พ.ศ.2556

การศึกษาสมรรถนะของแผ่นซับน้ำที่ทำจากเชือกฟางและกระสอบป่าน

Performance study of cooling pads made from plastic rope and hemp sack

บัญญัติ นิยมวาส และ บรรเจิด โปฏกรัตน์
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
อ.เมือง จ.สงขลา 90000
E-mail: banyat@engineer.com

Banyat Niyomvas and Bunjerd Potakarat
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Muang Songkhla, Songkhla 90000
E-mail: banyat@engineer.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้น โดยจะทำการศึกษาแผ่นซับน้ำที่ทำจากเชือกฟาง และ กระสอบป่าน ทำการทดลองที่สามค่าความเร็วรอบของ เครื่องเป่าอากาศ คือ 725, 1015 และ 1450 รอบต่อนาที และอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 26.9 ลิตรต่อนาที โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างทางเข้าและทางออก เท่ากับ 1.36 องศาเซลเซียส และ 1.39 องศาเซลเซียส สำหรับเชือกฟาง และ กระสอบป่าน ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการอิ่มตัวของแผ่นซับน้ำที่ทำจากเชือกฟาง พบว่ามีค่าระหว่าง 33.2 – 39.4 % หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.76 % และมีค่าระหว่าง 31.2 – 54.8 % หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.16 % สำหรับกระสอบป่าน

คำสำคัญ: เครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้น แผ่นซับน้ำ เชือกฟาง กระสอบป่าน

ABSTRACT

This research has the objective to study operational performance of evaporative cooler by studying cooling pad made from plastic rope and hemp sack by experimenting at three speeds of a blower which are 725, 1015 and 1450 RPM and the flowing rate of water is 26.9 liter per minute. It is found that the average of the temperature difference between the entrance and the exit is at 1.36 degree celsius and 1.39 degree celsius for the plastic rope and hemp sack, respectively. The saturation efficiency of the cooling pad made from plastic rope is found to have the value between 33.2 – 39.4 % or to have the average of 35.76 % and has the value between 31.2 – 54.8 % or to have the average of 45.16 for hemp sack.

Keyword: Evaporative cooler, Cooling pad, Plastic rope, Hemp sack

1. บทนำ

เครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้น (evaporative cooler) เป็นเครื่องทำความเย็นที่สามารถสร้างความเย็นได้โดยการดูดอากาศผ่านแผ่นซับน้ำ (cooling pad) ซึ่งมีน้ำไหลผ่านอยู่ตลอดเวลา ทำให้อากาศที่มีอุณหภูมิสูง และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เมื่อไหลผ่านแผ่นซับน้ำดังกล่าวออกมาแล้วจะทำให้เป็นอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น ซึ่งสามารถจะทำความเย็นให้กับบริเวณที่กำหนดได้

เครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้น เป็นเครื่องทำความเย็นที่มีข้อดีเหนือกว่าเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ (vapor compression refrigeration) โดยเครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้นนี้มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้คือ 1. เป็นระบบทำความเย็นที่ไม่ใช้สารทำความเย็น แต่ใช้น้ำ ทำให้เครื่องทำความเย็นแบบนี้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 2. ไม่ส่งเสียงดังเหมือนเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ 3. ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ และ 4. ง่ายต่อการบำรุงรักษา เพราะมีอุปกรณ์น้อยชิ้นกว่านั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามในการใช้งานควรใช้เครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้นกับพื้นที่เปิดโล่ง เนื่องจากหากใช้กับห้องที่ปิดมิดชิดจะทำให้ความชื้นภายในห้องเพิ่มสูงขึ้นจนผู้อยู่อาศัยจะรู้สึกไม่สบายตัว

Faleh [1] ได้ศึกษาสมรรถนะของการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้นโดยใช้แผ่นซับน้ำที่ทำจากวัสดุ jute, luffa, commercial cooling pad และ palm fiber โดยทำการทดลองที่ความเร็วไหลผ่านแผ่นซับน้ำเท่ากับ 2.4 เมตรต่อวินาที พบว่าแผ่นซับน้ำที่ทำจากวัสดุต่างๆ ให้ค่าประสิทธิภาพการอิ่มตัวดังต่อไปนี้คือ 62.1 % สำหรับ jute, 55.1% สำหรับ luffa, 49.5% สำหรับ commercial pad และ 38.9 % สำหรับ palm fiber

Kulkarni [2] ได้ศึกษาแผ่นซับน้ำที่ทำมาจากเชือกโดยกรอบของแผ่นซับน้ำมีขนาด 0.6 เมตร x 0.6 เมตร และหนา 0.3 เมตร เชือกที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร โดยจัดวางรูปแบบของกลุ่มเชือกไว้ สองรูปแบบ คือแบบ A มีค่า Longitudinal pitch เท่ากับ 25 มิลลิเมตร และ Transverse pitch เป็น 37.5 มิลลิเมตร ส่วนการจัดวางรูปแบบของกลุ่มเชือก แบบ B มีค่า Longitudinal pitch เท่ากับ 25 มิลลิเมตร และ Transverse pitch เป็น 31.25 มิลลิเมตร โดยทำการทดลองที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (mass flow rate) เท่ากับ 0.3 – 0.9 กิโลกรัมต่อวินาที ได้ค่า ประสิทธิภาพการอิ่มตัวของรูปแบบ A มีค่าอยู่ระหว่าง 57% - 73% และ 74% - 87% สำหรับรูปแบบ B ค่าความสามารถในการทำความเย็นของรูปแบบ A มีค่าอยู่ระหว่าง 11,243 – 26,381 กิโลจูลต่อชั่วโมง และ 13,384 – 33,852 กิโลจูลต่อชั่วโมงสำหรับรูปแบบ B

Nitipong [3] ได้ศึกษาแผ่นซับน้ำที่ทำมาจาก rice husk และ recycled HDPE โดยใช้ตะแกรงขนาด 0.5 เมตร x 0.5 เมตร ประกบกัน สองแผ่นแล้วบรรจุเอาไว้ด้วย rice husk และ recycled HDPE ทำการทดลองที่ค่าความเร็วลมเท่ากับ 1, 2 และ 3 เมตรต่อวินาที โดยได้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการอิ่มตัวของแผ่นซับน้ำที่ทำมาจาก rice husk เป็น 55.9% และ 29.1 % สำหรับแผ่นซับน้ำที่ทำมาจาก recycled HDPE

Kulkarni [4] ได้ศึกษาแผ่นซับน้ำ 4 ชนิด คือ Aspen fiber , Rigid Cellulose, Corrugated paper และ HDPE โดยทำการทดลองที่อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เท่ากับ 0.3 – 1.25 กิโลกรัมต่อวินาที และแผ่นซับน้ำมีขนาด 0.6 เมตร x 0.6 เมตร พบว่าค่าประสิทธิภาพการอิ่มตัวของ Aspen fiber เท่ากับ 93.7 - 87.5 % ของ Rigid Cellulose เท่ากับ 86.2 – 77.5% ของ Corrugated paper เท่ากับ 80.2 – 88.4% และ 81.9 – 89.7 % สำหรับ HDPE

การวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาแผ่นซับน้ำของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้นโดยจะศึกษาวัสดุ 2 ชนิด คือ เชือกฟาง และ กระสอบป่าน โดยจะใช้ค่าประสิทธิภาพการอิ่มตัว (Saturation Efficiency) ในการเปรียบเทียบสมรรถนะของแผ่นซับน้ำ

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์

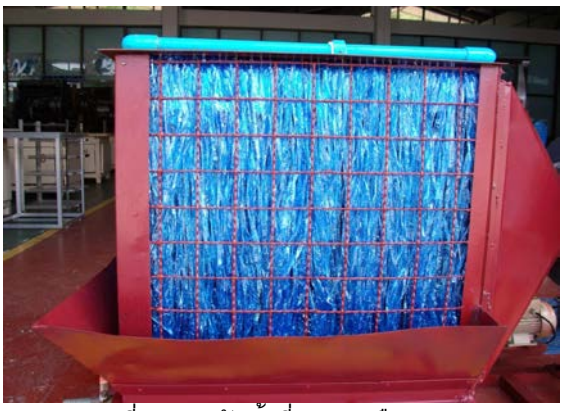
เครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้นที่ได้สร้างขึ้นมีทางเข้า 3 ทาง และทางออก 1 ทาง โดยสามารถติดตั้งแผ่นซับน้ำได้จำนวน 3 ชุด ที่บริเวณทางเข้า ขนาดของแผงสำหรับติดตั้งแผ่นซับน้ำคือ 0.55 เมตร x 0.55 เมตร ติดตั้งชุดปั๊มน้ำที่มีอัตราการไหลสูงสุด 40 ลิตรต่อนาที และสร้างเฮดได้สูงสุด 40 เมตร มอเตอร์ไฟฟ้าขับปั๊มน้ำมีขนาด 0.5 แรงม้า และติดตั้ง เครื่องเป่าอากาศ ที่ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า วัสดุที่ใช้ทำแผ่นซับน้ำมี 2 ชนิดคือ เชือกฟาง และ กระสอบป่าน

การจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้นที่ได้สร้างขึ้น แสดงได้ดังรูปที่ 1 ต่อไปนี้

รูปที่ 1 การจัดวางอุปกรณ์ของชุดทดลอง

เครื่องวัดความเร็วลมมีช่วงการวัดคือ 0.4 – 30.0 เมตรต่อวินาที มีค่าความคลาดเคลื่อน ± (2% rdg + 1 m/s) เครื่องวัดอุณหภูมิมีช่วงการวัดคือ – 50 ถึง 1,350 องศาเซลเซียส มีค่าความคลาดเคลื่อน ± (0.3% rdg + 1°C) และเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์มีช่วงการวัดคือ 5% RH to 98%RH มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 3% (30 to 98% RH) และเครื่องปรับความเร็วรอบ (Inverter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เครื่องเป่าอากาศ ใช้ยี่ห้อ Altivar รุ่น ATV31

การติดตั้งแผ่นซับน้ำที่ทำจากวัสดุทั้งสองชนิดคือ เชือกฟาง และ กระสอบป่าน แสดงได้ดังรูปที่ 2 และ 3 ต่อไปนี้



รูปที่ 2 แผ่นซับน้ำที่ทำจากเชือกฟาง

รูปที่ 3 แผ่นซับน้ำที่ทำจากกระสอบป่าน

2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองเริ่มโดยการเติมน้ำลงไปในถาดด้านล่าง หลังจากนั้นติดตั้งแผ่นซับน้ำที่ทำจากเชือกฟาง เมื่อติดตั้งชุดทดลองเรียบร้อย ทำการเปิดปั๊มน้ำให้ทำงาน และเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลจนสุด สามารถวัดอัตราการไหลของน้ำ ได้เท่ากับ 26.9 ลิตรต่อนาที ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าขับเครื่องเป่าอากาศ โดยทราบว่าเมื่อค่าความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีค่า 50 เฮิร์ตซ์ มอเตอร์จะหมุนที่ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที ดังนั้นจึงดำเนินการทดลองค่าแรก โดยปรับค่าความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไปที่ 25 เฮิร์ตซ์ ซึ่งจะทำให้ มอเตอร์หมุนที่ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที หลังจากนั้นปล่อยให้ชุดทดลองทำงานเป็นเวลา

15 นาที จึงทำการวัดค่าต่างๆ ดังนี้คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ทางเข้าทั้งสามด้าน และทางออก และความเร็วลมที่ทางออก หลังจากนั้นทำการทดลองที่ 35 เฮิร์ตซ์ (มอเตอร์หมุนที่ความเร็วรอบ 1,015 รอบต่อนาที) และ 50 เฮิร์ตซ์ (มอเตอร์หมุนที่ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที) ตามลำดับ หลังจากนั้นจึงทำการทดลองซ้ำอีกครั้งกับแผ่นซับน้ำที่ทำจากกระสอบป่าน

ค่าประสิทธิภาพการอิ่มตัว [5] (Saturation Efficiency) ซึ่งใช้สำหรับการเปรียบเทียบสมรรถนะของแผ่นซับน้ำ จะหาค่าจากสมการดังต่อไปนี้

$$\eta = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_{wb}} \right) \times 100\% \qquad (1)$$

เมื่อ

η = ประสิทธิภาพการอิ่มตัว (%)

T_1 = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ของอากาศทางเข้า (องศาเซลเซียส)

T_2 = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ของอากาศทางออก (องศาเซลเซียส)

T_{wb} = อุณหภูมิกระเปาะเปียก ของอากาศทางเข้า (องศาเซลเซียส)

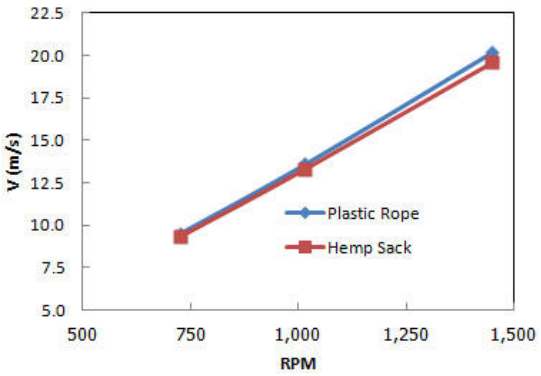
3. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถนำมาแสดงค่าได้ดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลอง

	RPM	inlet (average)				outlet				eff
		T(c°)	Tw(C)	x (g/kg)	%RH	T(c°)	%RH	x (g/kg)	V(m/s)	(%)
Plastic Rope	725	31.3	27.5	21.7	74.9	29.8	87.5	22.5	9.5	39.4
	1,015	31.1	27.3	21.4	74.3	29.8	85.8	21.8	13.6	34.6
	1,450	31.1	27.3	21.4	74.6	29.8	84.7	21.4	20.2	33.2
Hemp sack	725	31.0	27.5	21.8	76.6	29.1	91.8	22.9	9.3	54.8
	1,015	30.3	27.7	22.5	81.8	29.0	91.6	22.7	13.3	49.4
	1,450	30.4	27.3	21.7	79.2	29.4	87.9	22.0	19.6	31.2

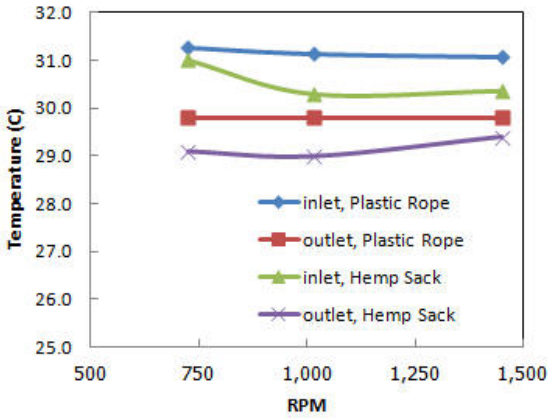
จากตารางที่ 1 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่ทางออกและความเร็วรอบของ เครื่องเป่าอากาศ ของแผ่นซับน้ำทั้งสองชนิดได้ดังรูปที่ 4 ต่อไปนี้



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่ทางออกและความเร็วรอบของ เครื่องเป่าอากาศ

จากรูปที่ 4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมที่ทางออกและความเร็วรอบของ เครื่องเป่าอากาศ พบว่าเมื่อปรับค่าความเร็วรอบของ เครื่องเป่าอากาศ ที่ค่าเดียวกัน ความเร็วลมที่ทางออก เมื่อใช้แผ่นซับน้ำที่ทำจากวัสดุ เชือกฟาง จะมีค่าสูงกว่าแผ่นซับน้ำที่ทำจากกระสอบป่าน เนื่องจากลักษณะของเชือกฟาง จะมีความโปร่ง ไม่หนาแน่นเท่ากับกระสอบป่าน ทำให้อากาศไหลผ่านได้ดีกว่า

ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างทางเข้าและทางออก แสดงได้ดังรูปที่ 5 ต่อไปนี้

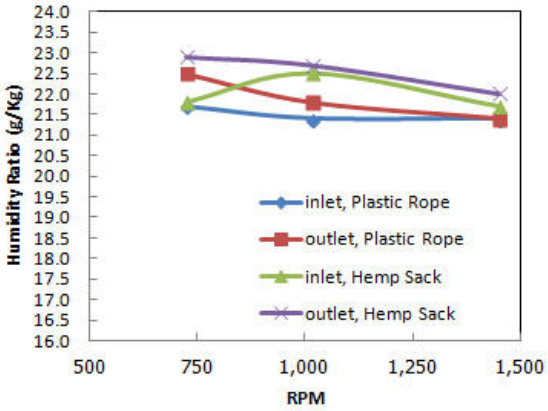


รูปที่ 5 ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างทางเข้าและทางออก

จากรูปที่ 5 ซึ่งแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างทางเข้าและทางออก พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างทางเข้าและทางออกของแผ่นซับน้ำที่ทำจากเชือกฟางมีค่าใกล้เคียงกับแผ่นซับน้ำที่ทำจาก

กระสอบป่าน โดยมีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างทางเข้าและทางออก เท่ากับ 1.36 องศาเซลเซียส และ 1.39 องศาเซลเซียส สำหรับเชือกฟาง และ กระสอบป่าน ตามลำดับ

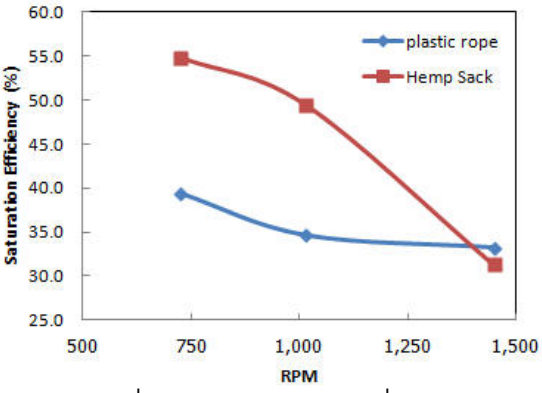
อัตราส่วนความชื้นของอากาศที่ทางเข้าและทางออกของแผ่นซับน้ำทั้งสองชนิดที่ความเร็วรอบต่างๆ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6 ต่อไปนี้



รูปที่ 6 อัตราส่วนความชื้นของอากาศ

จากรูปที่ 6 ซึ่งแสดงค่าอัตราส่วนความชื้นของอากาศที่ทางเข้าและทางออกของแผ่นซับน้ำทั้งสองชนิดที่ความเร็วรอบต่างๆ พบว่า ที่ค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ 750 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดในการทดลองครั้งนี้ โดยส่งผลให้ความเร็วลมของอากาศที่ไหลผ่านแผ่นซับน้ำจะมีค่าความเร็วลมต่ำกว่าอีกสองความเร็วรอบ คือ ที่ 1,015 และ 1,450 รอบต่อนาที เมื่ออากาศไหลผ่านแผ่นซับน้ำด้วยความเร็วลมที่ช้ากว่า จึงทำให้อากาศสามารถสัมผัสกับน้ำที่ไหลซึมอยู่บนแผ่นซับน้ำ ทำให้ค่าความแตกต่างของอัตราส่วนความชื้นที่ทางเข้าและทางออกที่สูงกว่า โดยเมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์สูงขึ้น ทำให้อากาศไหลผ่านแผ่นซับน้ำเร็วขึ้น การสัมผัสระหว่างอากาศกับน้ำที่ผิวหน้าของแผ่นซับน้ำก็จะน้อยลง ค่าความแตกต่างของอัตราส่วนความชื้นที่ทางเข้าและทางออกก็จะค่อยๆ มีค่าน้อยลงเรื่อยๆ

ค่าประสิทธิภาพการอิ่มตัวของแผ่นซับน้ำทั้งสองชนิดที่ความเร็วรอบต่างๆ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 ต่อไปนี้



รูปที่ 7 ค่าประสิทธิภาพการอิ่มตัว

ค่า ประสิทธิภาพการอิ่มตัวของแผ่นซับน้ำที่ทำจากเชือกฟาง พบว่ามีค่าระหว่าง 33.2 – 39.4 % หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.76 % และมีค่าระหว่าง 31.2 – 54.8 % หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.16 % สำหรับกระสอบป่าน

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเครื่องทำความเย็นแบบระเหยความชื้นที่แผ่นซับน้ำทำจากกระสอบป่าน มีค่า ประสิทธิภาพการอิ่มตัวเฉลี่ยเท่ากับ 45.16% มีสมรรถนะที่ดีกว่าแผ่นซับน้ำที่ทำจากเชือกฟาง ซึ่งมีค่า ประสิทธิภาพการอิ่มตัวเฉลี่ยเท่ากับ 35.76 %

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ นายวิชชุพงศ์ ขวัญบังเกิด และ นายอานนท์ เมืองจันทร์ นักศึกษา สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ในการทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Faleh Al-Sulaiman, “Evaluation of the performance of local fibers in evaporative cooling,” *Energy Conversion and Management*, Vol. 43, pp. 2267 – 2273, 2002.

[2] R.K. Kulkarni and S.P. S. Rajput, “Theoretical

performance analysis of jute fiber rope bank as media in evaporative coolers," *Indian Journal of Science and Technology*, Vol. 3, No. 10, pp.1075 – 1080, Oct 2010.

[3] Nitipong Soponpongpipat and Sukum Kositchaimongkol, "Recycled High-Density Polyethylene and Rice Husk as a Wetted Pad in Evaporative Cooling System," *American Journal of Applied Sciences*, Vol. 8, No. 2, pp.186 – 191, 2011.

[4] R.K.Kulkarni and S.P.S. Rajput, "Comparative performance of evaporative cooling pads of alternative materials," *International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies,* Vol. 10, Issue No. 2, pp. 239 – 244, 2011.

[5] J.R. Watt and W.K. Brown, "Evaporative Air Conditioning Handbook," 3rd ed. The Fairmount Press Inc. 1997.