

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	10
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	10
1.5 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	11
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	12
2.1 การคำนวณค่าอัตราความร้อนที่ได้จากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์	13
2.2 สมการพื้นฐานสำหรับการไหลของของไหล	15
2.3 วิธีการคำนวณเพื่อประมาณค่าอัตราการไหลในระบบ	15
2.3.1 การคำนวณหาอัตราการไหลในช่วงจ่ายน้ำ	15
2.3.2 การคำนวณหาอัตราการไหลในช่วงดูดน้ำ	18
2.5 ประสิทธิภาพของระบบ	24
2.5.1 ประสิทธิภาพสูงสุดทางทฤษฎี	24
2.5.2 ประสิทธิภาพรวมของระบบ	24
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการทดสอบ	26
3.1 วัตถุประสงค์ในการทดสอบ	26
3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ	26
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	26
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	27
3.5 วิธีดำเนินการทดสอบ	32
3.6 แนวทางและวิธีการวิเคราะห์ผล	34
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ	37

4.1 ผลของปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่มีต่อความดันและอุณหภูมิในตัวรับรังสี	37
4.2 ประสิทธิภาพของตัวรับรังสี	41
4.3 ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่มีผลกับปริมาณน้ำที่จ่ายและสูบได้	43
4.4 ประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์	48
4.5 ความคลาดเคลื่อนของการประมาณอัตราการไหลในระบบ	50
4.5.1 กรณีอัตราการไหลในช่วงจ่ายน้ำ	50
4.5.2 กรณีอัตราการไหลในช่วงควบน้ำ	51
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	54
5.1 สรุปผลการทดสอบ	54
5.1.1 ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม	54
5.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำที่จ่ายและสูบได้	54
5.1.3 ปัจจัยที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพรวมของระบบสูงสุด	54
5.1.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการไหลของระบบ	54
5.2 ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	56
ภาคผนวก	57
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดลอง	58
ภาคผนวก ข คุณสมบัติของวัสดุ	99
ประวัติผู้เขียน	107

[illegible]

ก.29 ปริมาณน้ำที่ได้ กรณีความดันในตัวรับรังสี 170.3 kPa ความสูง 2 m (วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2543)97	
ก.30 ปริมาณน้ำที่ได้ กรณีความดันในตัวรับรังสี 170.3 kPa ความสูง 1 m (วันที่ 3 กรกฎาคม พ.ศ.2543)98	
ข.2 คุณสมบัติของวัสดุ	101
ข.3 ค่า Emissivity ของวัสดุ	102
ข.4 คุณสมบัติของฉนวนโดยทั่วไปและวิธีการทดสอบ	104
ข.5 ค่าการดูดกลืนของวัสดุ	105

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 แผนผังระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์วงจรโอ	3
1.2 แผนผังการใช้ปั๊มฟองหมุนเวียนพลังงานในระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	3
1.3 แสดงระบบสูบน้ำด้วยความร้อน	4
1.4 การทำงานของระบบสูบน้ำแบบซาเวรี	5
1.5 แผนผังการทำงานของปั๊มน้ำแสงอาทิตย์	5
1.6 แผนผังระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์	8
1.7 ระบบสูบน้ำวงจรโอของมหาวิทยาลัยรัฐยูทาห์ แบบที่ 1	8
1.8 ระบบสูบน้ำวงจรโอของมหาวิทยาลัยรัฐยูทาห์ แบบที่ 2	9
1.9 ระบบสูบน้ำวงจรโอของมหาวิทยาลัยรัฐยูทาห์ แบบที่ 3	9
1.10 ระบบสูบน้ำวงจรโอของมหาวิทยาลัยรัฐยูทาห์ แบบที่ 4	10
2.1 แผนผังระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยหลักการซาเวรี	12
2.2 ตำแหน่งต่างๆ ในช่วงจ่ายน้ำ	16
2.3 ตำแหน่งต่างๆ ในช่วงสูบน้ำ	19
2.4 แผนภูมิลำดับการคำนวณเพื่อประมาณอัตราการไหลในช่วงจ่ายน้ำ	22
2.5 แผนภูมิลำดับการคำนวณเพื่อประมาณอัตราการไหลในช่วงสูบน้ำ	23
3.1 ภาพถ่ายชุดทดลองระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยหลักการซาเวรี	28
3.2 ภาพถ่ายถังควบแน่นขนาด 5.3 ลิตร	28
3.3 ภาพถ่ายเครื่องบันทึกอุณหภูมิ Comark แบบ 10 จุด	29
3.4 ภาพถ่ายเครื่องมือวัดความเร็วลมแบบ Digital Anemometer	29
3.5 ภาพถ่ายเครื่องมือวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์	30
3.6 ภาพถ่ายนาฬิกาจับเวลา	30
3.7 ภาพถ่ายกระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร	31
3.8 ภาพถ่ายอุปกรณ์วัดความดันในระบบ	31
3.9 แสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ในระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ด้วยเทคนิคซาเวรี	32
3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_d กับตัวเลขเรย์โนลด์ส์ที่ได้จากการทดลองในช่วงจ่ายน้ำ	34
3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_d กับตัวเลขเรย์โนลด์ส์ที่ได้จากการทดลองในช่วงดูดน้ำ	35
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวชุดรังสีและความดันในตัวรับรังสีกับเวลา	38

สำหรับความดันในตัวรับรังสีเท่ากับ 149.6 kPa (วันที่ 17 เมษายน พ.ศ.2543)

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวอาคารรังสีและความดันในตัวรับรังสีกับเวลา สำหรับความดันในตัวรับรังสีเท่ากับ 170.3 kPa (วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2543)	39
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวอาคารรังสีและความดันในตัวรับรังสีกับเวลา สำหรับความดันในตัวรับรังสีเท่ากับ 197.8 kPa (วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ.2543)	40
4.4 กราฟประสิทธิภาพของตัวรับรังสี (ช่วงการเพิ่มอุณหภูมิ) ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับในช่วง 750-1,100 วัตต์ต่อตารางเมตร	41
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับกับอุณหภูมิผิวอาคารรังสีทดสอบที่ความดันในตัว รับรังสี 149.6 kPa ความสูงด้านอาคาร 1 เมตร (วันที่ 17 เมษายน พ.ศ.2543)	42
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับกับอุณหภูมิผิวอาคารรังสีทดสอบที่ความดันในตัว รับรังสี 170.3 kPa ความสูงด้านอาคาร 2 เมตร (วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2543)	42
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ได้รับกับอุณหภูมิผิวอาคารรังสีทดสอบที่ความดันในตัว รับรังสี 197.8 kPa ความสูงด้านอาคาร 2 เมตร (วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ.2543)	43
4.8 ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์และความดันในตัวรับรังสี ที่มีผลต่อปริมาณน้ำที่จ่ายออก	44
4.9 ปริมาณน้ำที่จ่ายและสูบได้ตลอดทั้งวัน สำหรับความสูง 1 เมตร	45
4.10 ปริมาณน้ำที่จ่ายและสูบได้ตลอดทั้งวัน สำหรับความสูง 2 เมตร	45
4.11 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 149.6 kPa ความสูง 1 เมตร	46
4.12 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 170.3 kPa ความสูง 1 เมตร	46
4.13 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 197.8 kPa ความสูง 1 เมตร	47
4.14 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 149.6 kPa ความสูง 2 เมตร	47
4.15 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 170.3 kPa ความสูง 2 เมตร	48
4.16 ปริมาณน้ำสะสมที่จ่ายและสูบได้ สำหรับความดัน 197.8 kPa ความสูง 2 เมตร	48
4.17 ประสิทธิภาพรวมของระบบสูบน้ำแสงอาทิตย์ สำหรับความสูงทางด้านอาคาร 1 และ 2 เมตร ที่ความดันในตัวรับรังสีต่างๆ กัน	49
4.18 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลช่วงจ่ายจากการวัดโดยตรงกับอัตราการไหลช่วงจ่ายจากการคำนวณ	50
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังกับอัตราการไหลช่วงจ่าย	51
4.20 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลช่วงดูดจากการวัดโดยตรงกับอัตราการไหลช่วงดูดจากการคำนวณ	52
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในถังกับอัตราการไหลช่วงดูด	52
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างความดันในถังกับความดันกับผลต่างอุณหภูมิในถังความดัน (พิจารณาช่วงไอควมแน่น)	53
ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่งผ่านของแผ่นกั้นกับมุมตกกระทบ	100

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่หน้าตัด	m^2
C_d	สัมประสิทธิ์การไหลในช่วงจ่าย	
C_p	ค่าความจุความร้อน	$kJ/kg \cdot K$
C_s	สัมประสิทธิ์การไหลในช่วงสูบล	
D	เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ	m
f	ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของของไหล, ค่าคงที่	
g	ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก	m/s^2
h	ความสูงของน้ำ	m
h_r	เสดความเสียดทานรวม	m
h_w	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างผิวด้านบนกับบรรยากาศ	$W/m^2 K$
I_t	ความหนาของฉนวน	m
I_r	ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี	W/m^2
k_t	ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อนของฉนวน	$W/m \cdot K$
K	ค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานการไหลของอุปกรณ์ในระบบ	
L	ความยาว	m
m	น้ำหนัก	kg
N	จำนวนชั้นของกระจก	
$(\tau\alpha)_{eff}$	ประสิทธิภาพเชิงแสงของตัวรับรังสี	
P	ความดัน	Pa.
Q	อัตราการไหล	m^3/s
Q_{loss}	ค่าอัตราความร้อนที่สูญเสีย	W
Q_u	ค่าอัตราความร้อนที่ได้จากตัวรับรังสีที่เวลาใดๆ	W
Re	ตัวเลขเรย์โนลด์	
S	มุมเอียงของตัวรับรังสี	
T	อุณหภูมิ	K
u_{fg}	ค่าความร้อนแฝงของน้ำที่กลายเป็นไอที่ปริมาตรคงที่	kJ/kg
U_{bottom}	ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทางด้านล่างของตัวรับรังสี	$W/m^2 K$
U_L	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน	$W/m^2 K$

U_{top}	ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทางด้านบนของตัวรับรังสี	W/m^2K
v	ความเร็ว	m/s
$\dot{V}$	อัตราการไหล	m^3/s
v	ปริมาตรจำเพาะ	m^3/kg
x	สัดส่วนไอในส่วนผสมของเหลวและไอ	
ρ	ความหนาแน่น	kg/m^3
η	ประสิทธิภาพ	
α	ค่าความร้อนแฝงของน้ำ	kJ/kg
μ	ความหนืดพลศาสตร์	$N.s/m^2$
σ	ค่าคงที่ของ Stefan- Boltzmann	W/m^2K^4
ϵ_g	ค่า Emissivity ของแผ่นกระจก	
ϵ_p	ค่า Emissivity ของผิวคูดริงส์	

ตัวห้อย	ความหมาย
a	อากาศ
c	ตัวรับรังสี
f	ส่วนของของเหลวอิ่มตัว
fg	ค่าความแตกต่างระหว่างไออิ่มตัวและของเหลวอิ่มตัว
g	ส่วนของไออิ่มตัว
l	ของเหลว
max	สูงสุด
1	ตำแหน่งที่ 1
2	ตำแหน่งที่ 2
3	ตำแหน่งที่ 3
4	ตำแหน่งที่ 4