บทที่ 6

สรุป วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปและวิจารณ์

ในการทำการวิจัยศึกษาและจำลองแบบของถังสะสมความร้อนชนิดอากาศ-ก้อนหิน ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ของถังสะสมความร้อน และการคำนวณหาคำตอบโดยอาศัยโปรแกรม TRNSYS และสร้างถังสะสมความร้อนขึ้นเพื่อทำการทดลอง โดยให้การไหลของอากาศเป็นการไหลแบบบังคับ (Forced circulation) ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจะไปเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรม TRNSYS

โปรแกรม TRNSYS เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของการจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้แก้สมการพลังงานและสมการที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โครงสร้างของโปรแกรม TRNSYS ประกอบด้วยโปรแกรมหลักและโปรแกรมย่อย โปรแกรมหลักจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน โปรแกรมย่อยจะเขียนขึ้นแทนระบบจริง เช่น แผงรับแสงอาทิตย์ ถังสะสมความร้อน ฯลฯ นอกจากนี้โปรแกรมย่อยได้เขียนขึ้นสำหรับงานที่จำเป็นสำหรับการจำลองปัญหาซึ่งประกอบด้วย การอินทิเกรตทางคณิตศาสตร์และการพิมพ์ผล เป็นต้น ในการใช้โปรแกรม TRNSYS ต้องกำหนดโมเดลทางคณิตศาสตร์สำหรับระบบย่อย เพื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันเป็นระบบสะสมความร้อนแบบอากาศ-ก้อนหิน และต้องใส่ค่าพารามิเตอร์ของระบบเข้าไปด้วย โปรแกรม TRNSYS ได้ทำการคำนวณหาค่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากถังสะสมความร้อนที่เวลาใด ๆ เมื่อเบดมีการเปลี่ยนแปลงความสูง ขนาดของก้อนหินและอัตราการไหลของอากาศ และได้อาศัยโปรแกรม TRNSYS ช่วยในการคำนวณหาขนาดที่เหมาะสมของเบด (ราคาพลังงานที่ได้รับจากถังสะสมความร้อนต่อราคาค่าก่อสร้างต่ำสุด) ซึ่งผลจากการคำนวณจะได้เบดที่เหมาะสมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร และความสูงของเบด 1.2 เมตร เช่นกัน โดยในช่วงการสะสมความร้อน อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่เบดมีค่า 431.1 $m^3/hr.$ ส่วนในการนำความร้อนออกใช้ อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 240 $m^3/hr.$ สามารถให้พลังงานได้ 43 MJ. ในช่วงอุณหภูมิ 45-55 ^oC ภายในเวลา 7 ชั่วโมง

ในส่วนที่สอง ได้จัดสร้างถังสะสมความร้อนขึ้นเพื่อทำการทดลอง ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน พัดลม ฮีตเตอร์ไฟฟ้าและถังสะสมความร้อน ก่อนที่จะมีการทดลองเกี่ยวกับถังสะสมความร้อนได้นำหินก่อสร้าง (Lime stone) ซึ่งใช้ในการทดลองและขนาดของก้อนหินอยู่ในช่วง $\frac{1}{2}$" - $1\frac{1}{2}$" มาทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพไว้ดังนี้

- ขนาดของก้อนหิน แบ่งออกได้เป็น 3 ขนาด คือ ขนาด $\frac{1}{2}$" - $\frac{3}{4}$", ขนาด $\frac{3}{4}$" - 1" และขนาด 1" - $1\frac{1}{2}$" หรือแบ่งตามเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าทรงกลมของก้อนหิน (D_e) เท่ากับ 0.0167, 0.0235 และ 0.0285 เมตร ตามลำดับ

- ความร้อนจำเพาะของก้อนหิน (C_p) = 0.87 kJ/kg^{o}K

- ความพรุนของเบด (ε) = 0.46

- ความหนาแน่นของก้อนหิน = 2722 kg/m^3

ผลการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลจากการคำนวณโดยอาศัยโปรแกรม TRNSYS ของถังสะสมความร้อน พบว่าในช่วงการสะสมความร้อน อุณหภูมิของเบดที่เวลาใด ๆ ที่ได้จากผลการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม TRNSYS มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 0-3 ^{o}ซ ส่วนในช่วงการนำความร้อนออกใช้งาน พบว่าค่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเบดที่เวลาใด ๆ ที่ได้จากการทดลองมีค่าแตกต่างจากผลการคำนวณโดยโปรแกรม TRNSYS โดยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 0-4 ^{o}ซ ดังแสดงในตารางที่ 6.1 ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองค่าอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่เบดมีค่าไม่สม่ำเสมอ ส่วนในการคำนวณโดยอาศัยโปรแกรม TRNSYS จะกำหนดให้ค่าอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่เบดซึ่งเป็นอุณหภูมิอากาศที่บรรยากาศมีค่าคงที่ ดังนั้นถ้าในการทดลอง อุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่เบดมีค่าคงที่เช่นเดียวกับค่าอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการคำนวณโดยโปรแกรม TRNSYS จะทำให้ค่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเบดที่เวลาใด ๆ ระหว่างผลการทดลองกับผลจากการคำนวณโดยโปรแกรม TRNSYS มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิลดลงจึงสามารถใช้โปรแกรม TRNSYS คำนวณหาค่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเบดที่เวลาใด ๆ

ผลการเปรียบเทียบค่าความดันลดจากการทดลองกับผลจากสมการคาดคะเนของ Chandra และ Willits พบว่า ค่าความดันลดที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าผลจากการคำนวณโดยใช้สมการของ Chandra และ Willits เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูล

ตารางที่ 6.1

ขนาดของก้อนหิน	อัตราการไหลของอากาศ, $m^3/hr.$	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการคำนวณโดยโปรแกรม TRNSYS, °ซ.	
		เบดสูง 0.70 เมตร	เบดสูง 1.05 เมตร
$\frac{1}{2}$" - $\frac{3}{4}$"	202.32	0 - 5.0	0 - 4.5
	238.9	1.5 - 5.5	0 - 4.0
	267.2	0 - 4.0	0 - 4.5
$\frac{3}{4}$" - 1"	202.32	0 - 5.0	0 - 3.5
	238.9	0 - 5.0	0 - 4.0
	267.2	0 - 4.5	0 - 5.0
1" - $1\frac{1}{2}$"	202.32	0 - 4.5	0 - 2.5
	238.9	0 - 4.0	0 - 4.0
	267.2	0 - 4.0	0 - 4.5

ของ Chandra และ Willits กับการทดลองครั้งนี้พบว่า ค่าตัวแปรทั้งหมดอยู่ในช่วงเดียวกัน ดังนั้นการที่ความดันลดมีค่าแตกต่างกันเป็นผลเนื่องมาจากในการทดลองได้สร้างตะแกรงคอนกรีตเพื่อรองรับน้ำหนักของก้อนหินโดยมีช่องว่างให้อากาศผ่านได้เพียง 33 % ถ้าตะแกรงมีช่องว่างให้อากาศผ่านได้มากกว่านี้ ค่าความดันลดที่ได้จากการทดลองจะมีค่าลดลง และก้อนหินที่ใช้ในการทดลองไม่ใช่ชนิดเดียวกับของ Chandra และ Willits จึงทำให้ค่า Surface Shape Factor มีค่าแตกต่างกัน ดังนั้นก้อนหินที่ใช้เป็นชนิดเดียวกันก็จะทำให้ค่าความดันลดที่ได้จากการทดลองมีค่าลดลง จึงสามารถใช้สมการคาดคะเนของ Chandra และ Willits คำนวณหาค่าความดันลดได้

ผลการเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ของถังสะสมความร้อนเมื่อนำไปทดแทนพลังงานไฟฟ้า พบว่า พลังงานความร้อนสะสมเมื่อนำออกไปใช้งานจากถังสะสมความร้อนสามารถทดแทนพลังงานความร้อนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้า คิดเป็นราคาค่ากระแสไฟฟ้ารายปีได้ 10,186.82 บาท ถังสะสมความร้อนสามารถให้ราคาพลังงานเท่ากับ 2.54 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อราคาแผงรับแสงอาทิตย์ตารางเมตรละ 2500 บาท แต่ถ้าราคาแผงรับแสงอาทิตย์เปลี่ยนไปเป็นตารางเมตรละ 2000 บาท และ 1500 บาท ช่วงการสะสมความร้อนใช้เวลานาน 8 ชั่วโมง และนำความร้อนออกใช้งานได้เป็นเวลานาน 7 ชั่วโมง สามารถให้พลังงานความร้อนได้ครั้งละ 43 MJ. และช่วงเวลาที่ความร้อนถูกใช้งานเป็น 80% จะให้ราคาพลังงานเท่ากับ 2.30 และ 2.07 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับ คิดอายุการใช้งานของถังสะสมความร้อน 12 ปี อัตราดอกเบี้ย 15% ต่อปี และกระแสไฟฟ้ามีราคาหน่วยละ 2.10 บาท ดังนั้นจะเห็นได้ว่าราคาพลังงานที่ได้รับจากถังสะสมความร้อนมีราคาแพงกว่าค่ากระแสไฟฟ้า จึงไม่คุ้มค่าต่อการที่จะนำพลังงานความร้อนสะสมจากถังสะสมความร้อนมาใช้แทนพลังงานความร้อนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้า

* 6.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยและพัฒนาต่อไป

6.2.1 ควรมีการวิจัยและพัฒนานำถังสะสมความร้อนไปเชื่อมต่อกับแผงรับแสงอาทิตย์โดยที่ความร้อนสะสมได้มาจากแสงอาทิตย์แทนความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้า

6.2.2 ควรมีการนำถังสะสมความร้อนไปใช้ทดลองอบผลิตผลทางการเกษตรให้ได้หลาย ๆ ชนิด

6.2.3 ในการทำวิจัยและพัฒนาต่อไป การวัดค่าอุณหภูมิของอากาศและก้อนหินทุกตำแหน่ง ควรนำไปต่อกับเครื่องที่บันทึกออกมาเป็นรูปกราฟ ซึ่งสามารถพลอตอุณหภูมิได้ทุกอุณหภูมิพร้อมกัน เพื่อให้การอ่านค่าของอุณหภูมิเป็นเวลาเดียวกัน