

O-P05

“โปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง”

วิจักขณ์ อัมอินทร์ และจิตติพร เจาจะง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

*Corresponding author, email; titiporn_ant@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงที่มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในครัวเรือนของประเทศไทย เตาแก๊สชีวมวลที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงเนื่องจากเป็นเตาแก๊สชีวมวลที่ให้ประสิทธิภาพสูง ราคาเหมาะสมกับการใช้งานในครัวเรือนของประเทศไทย มีกระบวนการทำงานที่เข้าใจง่ายไม่ซับซ้อน เตาถ่านที่ใช้ในงานวิจัยได้จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 หลังคาเรือน พบว่าเตาถ่านที่นิยมใช้กันมากคือ เตาถ่านเบอร์ 3 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบเป็นถ่านอัดแท่งจากโรงงานถ่านเขาน้อย จังหวัดพิษณุโลก ที่มีค่าความร้อนเท่ากับ 5,467 แคลอรีต่อกรัม จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง โดยมีมวลเชื้อเพลิงถ่าน 0.6 กิโลกรัมและมวลน้ำ 3 กิโลกรัม ในปริมาณเท่ากันจำนวน 3 ครั้ง พบว่าประสิทธิภาพเตาถ่านอยู่ที่ 16.71%, 16.54% และ 16.71% ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงอยู่ที่ 20.15%, 20.15% และ 20.31% ตามลำดับ ซึ่งสรุปได้ว่าเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเตาถ่านที่มีมวลเชื้อเพลิงถ่าน 0.6 กิโลกรัม จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาออกแบบโปรแกรมแบบจำลองเสมือนจริง เริ่มจากการสร้างสร้างเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง การหาค่าความร้อนของถ่าน การหาประสิทธิภาพของเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง รวมถึงการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมแบบจำลอง จากกลุ่มตัวอย่างบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 30 คน จากผลการประเมินแบบสอบถามพบว่า ค่าตามเกณฑ์มาตรฐานอยู่ที่ 4.61 โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก สรุปได้ว่าโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการสร้างเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง การหาค่าความร้อนของถ่าน และการหาประสิทธิภาพของเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงมากขึ้น โดยโปรแกรมแบบจำลองจะอยู่ในรูปแบบดีวีดี แฟ้มเกจ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอน หรือนำไปใช้งานได้บนคอมพิวเตอร์ทั่วไปเพื่อเพิ่มความรู้ ความเข้าใจในทดลองก่อนลงมือทำจริงต่อไป

คำสำคัญ : โปรแกรมแบบจำลอง / ประสิทธิภาพ / เตาถ่าน / เตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง

Program simulation of efficiency stove and down-draft gasifier
biomass stove

Titiporn Chorchong* and Wijack im-in

Faculty of science and technology Pibulsonggram Rajabhat University

*Corresponding author email; titiporn_ant@hotmail.com

Abstract

This research program was designed for simulation to test the efficiency between a stove and a down-draft gasifier biomass stove, which are widely used in Thailand households. A down-draft gasifier biomass stove was used in this research because of its high efficiency, suitable prices for Thailand households, and the working process is easy to understand and not complicated. The stove used in this research came from a sampling of 10 houses, and found that the popular stove was number three. The fuel used in the test was charcoal from Kaonoi charcoal factory from Phitsanulok province, and the value of the heating was equal 5467, cal/g. After the

comparison between the stove and down-draft gasifier biomass stove by charcoal mass 0.6 kg water 3 kg the same amount, the results experiment 3 times of the efficiency from the stove was 16.71%, 16.54% and 16.71 % respectively while the efficiency from the down-draft gasifier biomass stove was 20.15%, 20.15% and 20.31 % respectively Which concluded that the efficiency of the down-draft gasifier biomass stove was higher than the stove by starting from charcoal mass 0.6 kg. We used these results to simulate the actual model program by starting from the construction of down-draft gasifier biomass stove, heating calculation of charcoal, and the efficiency of stove and down-draft gasifier biomass stove. Then we evaluated the questionnaires of this program by personnel of Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok province. From the result of 30 people, be In line for 4.61 meaning is very good and them agreed that the actual model simulation program helped them to understand the method of construction of the down-draft gasifier biomass stove, heating calculation of charcoal, and the efficiency of stove and down-draft gasifier biomass stove. The simulation program is located in the DVD package and can be used for teaching or used to learn before actual operation.

Keywords: program simulation/ efficiency / stove / downdraft gasifier

บทนำ

เตาด่านเป็นเตาที่คนในท้องถิ่นส่วนใหญ่นิยมใช้กัน โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นวัสดุในการเผาไหม้ แต่จากข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพความร้อนของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พบว่าเตาด่านมีประสิทธิภาพความร้อน 15-20% ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำ สาเหตุก็เนื่องจากการมีการสูญเสียความร้อนมาก จึงมีการพัฒนาสร้างเตาแก๊สชีวมวลขึ้นมา หลักการทำงาน คือ ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวล โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่จำกัดปริมาณอากาศให้เกิดความร้อนบางส่วนไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื่องอื่น ๆ เพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งเป็นแก๊สเชื้อเพลิง ดังที่กล่าวในการศึกษาเตาแก๊สชีวมวล (สัญญา หลุมทองและอำพล ชุ่มห้อง 2552 : บทคัดย่อ) พบว่า ช่วงเวลาที่แก๊สเริ่มออกมาจากหัวเตาประมาณ 4-6 นาที และช่วงเวลาที่เปลวไฟติดบนหัวเตาประมาณ 20-25 นาที จากเชื้อเพลิง 2 กิโลกรัม อุณหภูมิที่เปลวไฟสามารถวัดได้ 800 – 900 องศาเซลเซียส และค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 450 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ในการศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้เรื่องพลังงานชีวมวล (ศักดิ์ดา เชื้อสิงห์และธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา 2552 : บทคัดย่อ) พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้เรื่องพลังงานชีวมวล มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.61$) และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.71$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน และเพื่อเป็นการให้ความรู้เรื่องการหาประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวลแก่ผู้สนใจ ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาประสิทธิภาพของเตาด่านกับเตาแก๊สชีวมวลและเขียนโปรแกรมแบบจำลอง เพื่อให้ผู้ที่สนใจจะศึกษาเกี่ยวกับเตาแก๊สชีวมวล ได้มีความรู้เบื้องต้นในการหาประสิทธิภาพ ผ่านสื่อโปรแกรมแบบจำลองที่มีภาพเสมือนจริงและเสียงประกอบกระบวนเรียนรู้ในกระบวนกรต่าง ๆ อย่างละเอียด ชัดเจน เข้าใจง่าย มีสีสันสวยงาม เพื่อเพิ่มความน่าสนใจในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น หลังจากนั้นนำโปรแกรมแบบจำลองไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างบุคลากรของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 30 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาด่านกับเตาแก๊สชีวมวล

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์

1. ถ่านอัดแท่ง
2. เตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง
3. เตาถ่าน
4. เครื่องชั่ง

5. หม้ออะลูมิเนียม
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค
9. เครื่องบันทึกข้อมูล
10. เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์
11. เครื่องชั่งดิจิตอล

ในการเขียนโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพของเตาจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การหาค่าความร้อนของถ่าน โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

ส่วนที่ 2 การหาประสิทธิภาพของเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง

การทดสอบประสิทธิภาพของเตาแก๊สชีวมวล คำนวณได้จากสมการ (1) ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ชั่งมวลน้ำ 3 กิโลกรัม และชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิง 0.6 กิโลกรัม
2. ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล เป็นตัววัดอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ และส่งข้อมูลมายัง เครื่องบันทึกข้อมูล
3. วัดอุณหภูมิของน้ำในภาชนะ ก่อนทำการต้มน้ำและบันทึกข้อมูล
4. จุดเตาเมื่อไฟลุกติดเชื้อไฟแล้ว ทำการป้อนเชื้อเพลิงสำหรับการทดสอบและเริ่มจับเวลา
5. ชั่งน้ำหนักของน้ำที่เหลือในภาชนะและบันทึกข้อมูล
6. หาประสิทธิภาพดังสมการต่อไปนี้

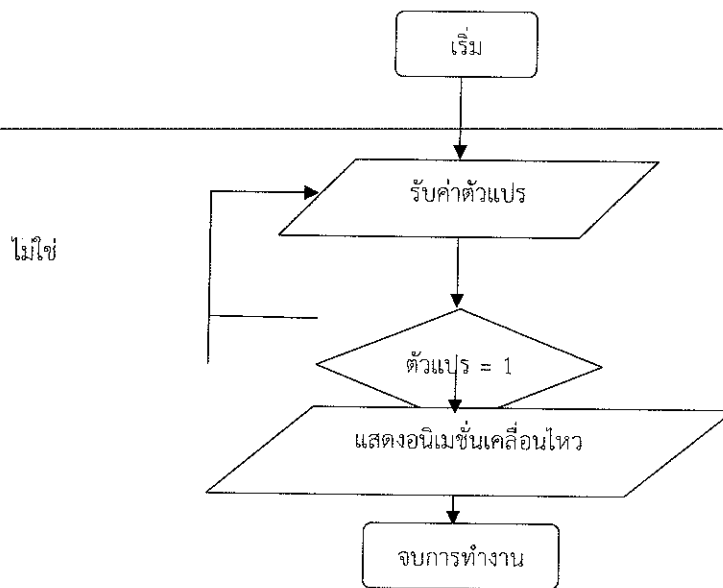
$$\eta = \frac{m_i C_p (T_b - T_i) + m_e L}{m_f \times C_f + m_c \times C_c} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ	η	คือ ประสิทธิภาพ ,%
	m_i	คือ มวลของน้ำเริ่มต้น ,kg
	C_p	คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ ,kg/kg ⁰ C
	T_o	คือ อุณหภูมิที่น้ำเดือด, ⁰ C
	T_i	คือ อุณหภูมิที่น้ำเริ่มต้น, ⁰ C
	m_e	คือ มวลที่น้ำระเหย ,kg
	L	คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ,kJ/kg
	m_f	คือ มวลของเชื้อเพลิง ,kg
	C_f	คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง,kJ/kg
	M_c	คือ มวลของถ่าน ,kg
	C_c	คือ ค่าความร้อนของถ่าน ,kJ/kg

ส่วนที่ 3 ออกแบบโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง

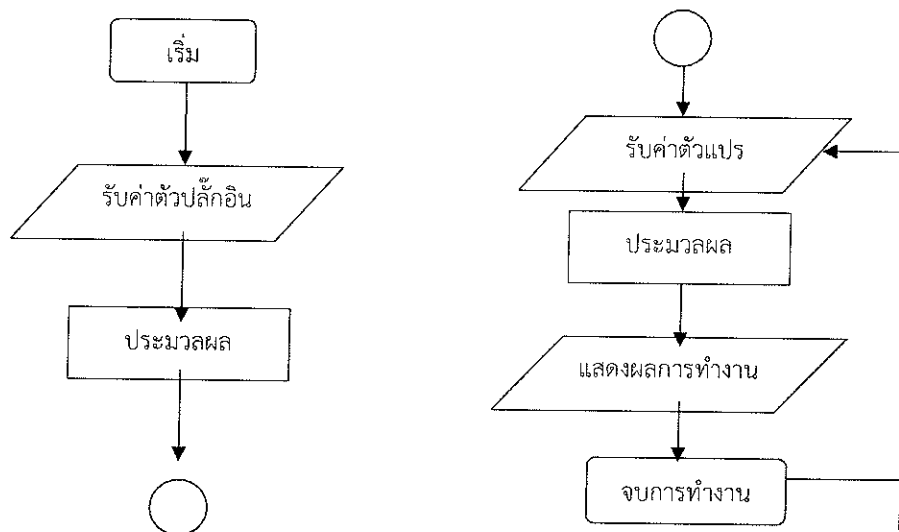
นำข้อมูลผลการทดสอบค่าความร้อนของถ่าน และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวล มาเขียนลงบนโปรแกรมแบบจำลองการใช้งานต่างๆ โดยใช้โปรแกรม Autodesk Maya 2013 ซึ่งเป็นโปรแกรมสร้างงานโมเดล 3 มิติ และงานอนิเมชัน สามารถเขียนคำสั่งที่ใช้ MEL ร่วมกันไปกับ API ซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้สร้างภาพยนตร์ ผู้พัฒนาเกมส์ เป็นจำนวนมาก เมื่อออกแบบโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้วส่งต่อให้ โปรแกรม Construct 2 ซึ่งมีหลักการทำงานคือจะสร้างแบบจำลองในรูปแบบ 2 มิติ แสดงผลแบบ WebGL เพื่อดัดศักยภาพของ Graphic Card มาช่วยประมวลผลให้การเคลื่อนที่ของแบบจำลองให้เร็วขึ้นไม่กระตุก โดยการออกแบบโปรแกรมแบบจำลองจะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนหลักของโปรแกรมแบบจำลอง กับ ส่วนรองของโปรแกรมแบบจำลอง ดังแผนผังต่อไปนี้

แผนผังส่วนหลักของโปรแกรมแบบจำลอง



ภาพที่ 1 โฟลว์ชาร์ตส่วนหลักของโปรแกรมแบบจำลอง

แผนผังส่วนรองของโปรแกรมแบบจำลอง



ภาพที่ 2 โฟลว์ชาร์ตส่วนรองของโปรแกรมแบบจำลอง

ส่วนที่ 4 ประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง

นำโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงไปทดลองใช้ โดยกลุ่มตัวอย่างบุคลากรจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 30 คน แล้วทำการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงแล้วนำผลประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการออกแบบโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง โดยนำผลจากการทดสอบหาค่าความร้อนของถ่าน ค่าประสิทธิภาพของเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงมาออกแบบโปรแกรมแบบจำลองและประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง แสดงผลดังตาราง

ตาราง 1 แสดงค่าความร้อนของถ่าน

ครั้งที่	น้ำหนัก (กรัม)	ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)
1	0.30	5431.75
2	0.30	5525.73
3	0.30	5442.79
เฉลี่ย	0.30	5467.00

จากตาราง 1 พบว่าในการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งโรงงานเขาน้อย จังหวัดพิษณุโลก นั้นมีค่าเฉลี่ยคือ 5467.00 แคลอรี/กรัม

ตาราง 2 แสดงค่าประสิทธิภาพของเตาถ่าน โดยใช้มวลเชื้อเพลิงถ่าน 0.6 กิโลกรัม

ครั้งที่	มวลน้ำ (kg)	อุณหภูมิน้ำ เดือด (°C)	อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น (°C)	มวลน้ำที่ ระเหย (kg)	ประสิทธิภาพ (%)
1	3	100	26	0.60	16.71
2	3	100	26	0.59	16.54
3	3	100	26	0.60	16.71
เฉลี่ย	3	100	26	0.60	16.65

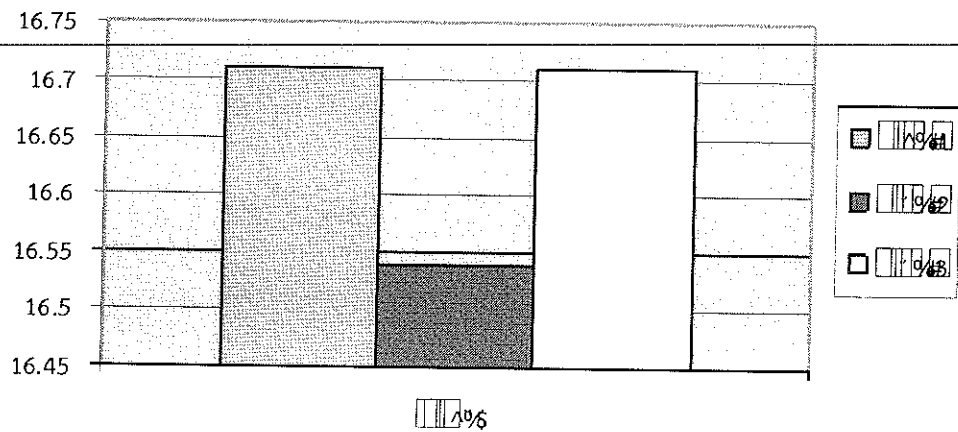
จากตาราง 2 การทดสอบเตาถ่านโดยมีมวลเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง 0.6 กิโลกรัม มวลน้ำ 3 กิโลกรัม ในปริมาณที่เท่ากัน จำนวน 3 ครั้งของเตาถ่านพบว่าประสิทธิภาพจากเตาถ่านเฉลี่ยอยู่ที่ 16.65% มวลน้ำที่ระเหยเฉลี่ย 0.60 กิโลกรัม

ตาราง 3 แสดงค่าประสิทธิภาพของเตาแก๊สแก๊สชีวมวลแบบไหลลง โดยใช้มวลเชื้อเพลิงถ่าน 0.6 กิโลกรัม

ครั้งที่	มวลน้ำ (kg)	อุณหภูมิน้ำ เดือด (°C)	อุณหภูมิน้ำ เริ่มต้น (°C)	มวลน้ำที่ ระเหย (kg)	ประสิทธิภาพ (%)
1	3	100	28	0.82	20.15
2	3	100	28	0.82	20.15
3	3	100	28	0.83	20.31
เฉลี่ย	3	100	28	0.82	20.20

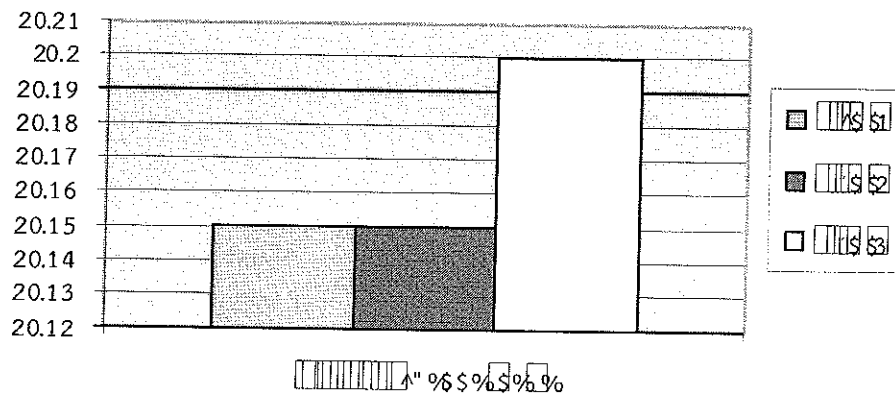
จากตาราง 3 การทดสอบเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง โดยมีมวลเชื้อเพลิงถ่าน 0.6 กิโลกรัม มวลน้ำ 3 กิโลกรัม ในปริมาณที่เท่ากัน จำนวน 3 ครั้งของเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง พบว่า ประสิทธิภาพจากเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงเฉลี่ยอยู่ที่ 20.20% มวลน้ำที่ระเหยเฉลี่ย 0.82 กิโลกรัม

ประสิทธิภาพ %

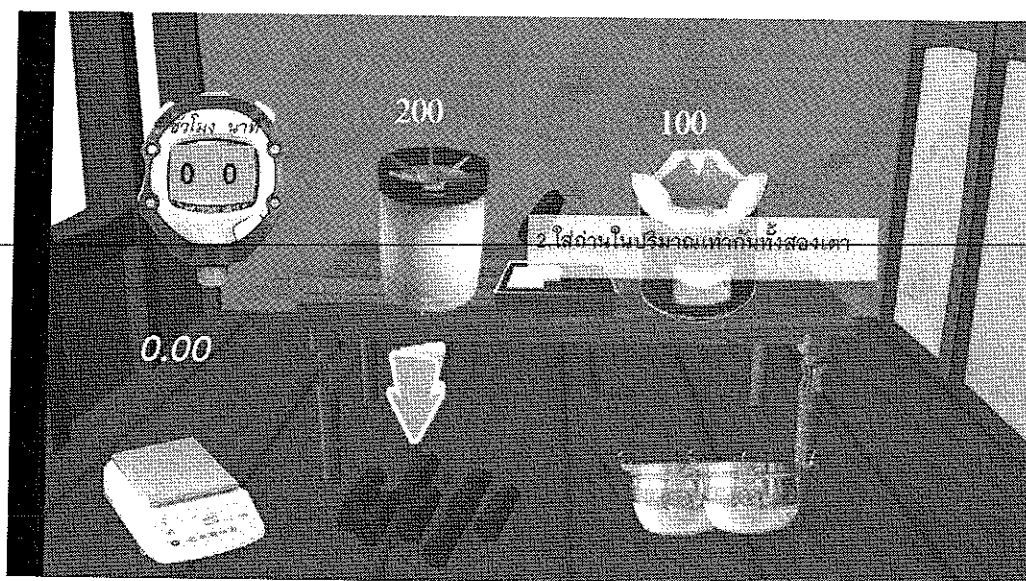


ภาพที่ 3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเตาถ่าน จำนวน 3 ครั้ง โดยมีมวล 0.6 กิโลกรัม

ประสิทธิภาพ %



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง จำนวน 3 ครั้ง โดยมีมวล 0.6 กิโลกรัม



ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของการประเมินโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D	ระดับคุณภาพ
ทางด้านทัศนคติ	4.61	0.62	ดีมาก
ทางด้านความพึงพอใจ	4.73	0.52	ดีมาก
ทางด้านนำไปใช้ประโยชน์	4.49	0.71	ดี

อภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง พบว่าเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงมีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาถ่านและเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนเตาถ่านที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในท้องถิ่นของประเทศไทย ส่วนการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้โปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงอยู่ในระดับที่ดีมาก เนื่องจากโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงทำให้มีความเข้าใจในการสร้างเตาแก๊สชีวมวล การหาค่าความร้อนของถ่าน และการหาประสิทธิภาพของเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงมากขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มความรู้มากยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากโรงงานถ่านเขาน้อย จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ พบว่าค่าความร้อนของถ่านเฉลี่ยอยู่ที่ 5467.00 แคลอรี/กรัม
2. ผลการทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงโดยมีมวลเชื้อเพลิงถ่าน 0.6 กิโลกรัมและมวลน้ำ 3 กิโลกรัม ในปริมาณเท่ากัน จำนวน 3 ครั้ง พบว่าประสิทธิภาพเตาถ่านอยู่ที่ 16.71%, 16.54% และ 16.71% ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงอยู่ที่ 20.15%, 20.15% และ 20.31% ตามลำดับ ซึ่งสรุปได้ว่าเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเตาถ่านที่มีมวลเชื้อเพลิง 0.6 กิโลกรัม
3. ผลการออกแบบโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง มีทั้งหมด 2 ส่วนคือ ส่วนหลักของโปรแกรมแบบจำลอง และส่วนรองของโปรแกรมแบบจำลอง ทำงานในรูปแบบการทำตามขั้นตอนของโปรแกรมแบบจำลองที่ควบคุมโดยใช้เงื่อนไขตรวจสอบตัวแปร ใช้การคลิกเมาส์หรือการสัมผัสของวัสดุและอุปกรณ์เพื่อเริ่มการแสดงผลของขั้นตอนต่างๆ มีภาพและเสียงประกอบการทำงานและฟังค์ชัน

ตัวเลขในการควบคุมเวลาในการประมวลผล รวมถึงฟังก์ชันการเติมถ่านที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการทดลองโดยสามารถกำหนดปริมาณน้ำหนักของมวลเชื้อเพลิงได้

4. ผลการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามในการใช้งานโปรแกรมแบบจำลองการหาประสิทธิภาพเตาถ่านกับเตาแก๊สชีวมวลแบบไหลลง จำนวน 30 คน พบว่าผลประเมินความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์มาตรฐานอยู่ที่ 4.61 โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก

เอกสารอ้างอิง

- รุ่งคราญ วิริยง. (2553). การศึกษาเตาแก๊สชีวมวลสำหรับการเรียนการสอน. โรงเรียนวังแก้ววิทยา ต.วังแก้ว อ.วังเหนือ จ.ลำปาง 52140
- นายภาณุวัน วัลย์. 2546. การทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพเตาถ่าน. ราชบุรี.
- ศักดิ์ดา เชื้อสิงห์และธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา (2552). บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้เรื่องพลังงานชีวมวล. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- สัญญา หุคมทองและอำพล ชุ่นห้อง. (2552). Wood Gasified Stove. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขล