ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การวิเคราะห์การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

องค์ประกอบคิดเป็น % โดยน้ำหนักของเชื้อเพลิง

ตาราง 6 องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิง

องค์ประกอบ	ฟางข้าว	ชานอ้อย
คาร์บอน	40.84	42.84
ไฮโดรเจน	5.92	6.25
ออกซิเจน	43.07	51.4
ซัลเฟอร์	0.08	0.07
ไนโตรเจน	0.49	0.1
ขี้เถ้า	8.9	1.9
ความชื้น M%db	8.46	9.14

ปริมาณร้อยละของแก๊สแต่ละชนิดในไอเสียแห้งที่เกิดขึ้นเมื่อวิเคราะห์ต่อ 1 กิโลกรัม จะกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$C + O_2 \longrightarrow CO_2$

12 kg + 32 kg ได้ 44 kg

1 kg + 2.667 kg ได้ 3.667 kg

ดังนั้น 0.4084 kg C จะใช้ $O2 = 2.667 \times 0.4084 = 1.089$ kg

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

4kg + 32 kg ได้ 36 kg

1kg + 8 kg ได้ 9 kg

ดังนั้น 0.0592 kg H_2 จะใช้ $O_2 = 8 \times 0.0592 = 0.4736$ kg

S	+	O_2	⟶	SO_2
32 kg	+	32 kg	ได้	64 kg
1 kg	+	1 kg	ได้	2 kg

ดังนั้น 0.00083 kg H_2 จะใช้ O_2 = 1 × 0.00083 = 0.00083 kg

ได้ปริมาณ O_2 เพื่อการเผาไหม้ทั้งหมด = 1.089 + 0.4736 + 0.00083

= 1.5634 kg

แต่ในเชื้อเพลิงมี O_2 อยู่แล้ว = 0.4307 kg

ดังนั้นจะต้องใช้ O_2 จากอากาศอีก = 1.5634 – 0.4307

= 1.1328 kg

แต่ในอากาศมี O_2 อยู่ร้อยละ 23.2 โดยน้ำหนัก

ดังนั้นจะใช้อากาศ (ทฤษฎี) = 1.1328/0.32

= 4.88 $kg/kg_{ชานอ้อย}$

แต่ค่าที่ได้เป็นค่าอากาศทางทฤษฎีเมื่อใช้อากาศส่วนเกิน 0%

ดังนั้นปริมาณอากาศที่ใช้จริง = 1 × 4.88

= 4.88 $kg/kg_{ชานอ้อย}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครสวรรค์
NAKHON SAWAN RAJABHAT UNIVERSITY

ดังนั้นอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่เข้าเตา = 4.88 × 16.05

= 78.12 kg/hr

ประสิทธิภาพเตาเผา

$$\eta = \frac{m_l Cp_l (T_{flue} - T_l)}{m_f HHV} \times 100$$

เมื่อ ηr = ประสิทธิภาพของเตาเผา, %

m_a = อัตราการไหลของอากาศ, (78 kg/hr)

Cp = ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ, (1.004 kJ/kg.K)

T_a = อุณหภูมิล้อมรอบ, (K)

T_l = อุณหภูมิทางออกของเตา, K

m_f = อัตราการป้อนเชื้อเพลิง, (16 kg/hr)

ตาราง 7 ข้อมูลดิบ ประสิทธิภาพเตาเผาและประสิทธิผลเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจากการเผาไหม้ฟางข้าว

A/F	Fuel (kg/hr)	Air (kg/hr)	T_{air} (°C)	T_{flue} (°C)	T_{go} (°C)	T_{water} (°C)	T_{steam} (°C)	η (%)	ε (%)
4.88	16.05	78	27	644	157	26	141	19.1	78.8
5.47	16.02	88	27	657	153	26	141	22.0	79.9
5.57	13.96	78	27	574	156	26	140	19.4	76.3
6.00	16.14	96	26	671	146	25	141	24.4	81.3
6.25	14.23	88	28	602	153	27	140	22.6	78.1
6.49	12.12	78	27	534	158	26	141	20.7	74.0
6.84	14.09	96	27	628	149	26	141	26.0	79.6
7.27	12.05	88	28	557	155	27	141	24.6	75.8
8.00	12.18	96	26	589	152	25	140	28.2	77.5
6.25	14.18	88	27	612	154	26	157	23.1	78.2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หมายเหตุ

[a]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 3 kg/cm^2

[b]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 6kg/cm^2

อุณหภูมิ = อุณหภูมิเฉลี่ย

ตาราง 8 ข้อมูลดิบ ประสิทธิภาพเตาเผาและประสิทธิผลเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจากการเผาไหม้ชานอ้อย

A/F	Fuel (kg/hr)	Air (kg/hr)	T_{air} (°C)	T_{flue} (°C)	T_{go} (°C)	T_{water} (°C)	T_{steam} (°C)	η (%)	ε (%)
4.59	17.04	78	27	667	149	26	141	16.7	80.8
5.16	17.24	88	26	676	145	25	140	18.9	81.6
5.21	15.15	78	28	589	154	27	141	16.4	77.4
5.67	17.09	96	27	698	142	26	140	21.5	82.7
5.90	15.18	88	27	615	149	26	140	19.4	79.1
6.01	13.09	78	28	546	156	27	140	17.6	75.1
6.41	14.96	96	27	633	146	26	141	22.1	80.2
6.80	13.10	88	28	568	151	27	140	20.7	77.1
7.37	13.11	96	27	592	148	26	141	23.6	78.4
5.90	15.15	88	29	620	150	28	158	19.5	79.4

หมายเหตุ

[a]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 3 kg/cm^2

[b]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 6kg/cm^2

อุณหภูมิ = อุณหภูมิเฉลี่ย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอน

$$\eta c = \frac{C_h - C_a}{C_h} \times 100$$

เมื่อ η_c = ประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอน, %

C_a = ร้อยละของคาร์บอนในเถ้า × น้ำหนักเถ้า, (0.029 × 8.7 = 0.2523kg)

C_h = ร้อยละของคาร์บอนในเชื้อเพลิง × น้ำหนักเชื้อเพลิง, (0.4084 × 34.5 = 14.0898 kg)

$$\eta c = \frac{14.0898 - 0.2523}{14.0898} \times 100$$

$$= 98.21\%$$

ตาราง 9 ข้อมูลดิบ ประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอน จากการเผาไหม้ฟางข้าว

A/F	C in fuel (%)	C in ash (%)	Fuel (kg)	Ash (kg)	ηc calculate (%)	ηc (analyzer) (%)
4.88	40.84	2.9	34.5	8.7	98.21	92
5.47	40.84	3.0	66.5	16.6	98.17	92
5.57	40.84	3.8	71.2	17.8	97.67	91
6.00	40.84	4.4	33.9	8.4	97.33	92
6.25	40.84	3.7	30.6	7.6	97.75	91
6.49	40.84	59	61.2	16.3	96.15	91
6.84	40.84	2.7	45.8	11.4	98.35	91
7.27	40.84	4.0	40.3	11.2	97.28	92
8.00	40.84	4.0	54.2	14.5	97.38	91
6.25	40.84	11.4	63.8	16.2	92.91	91

หมายเหตุ

[a]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 3 kg/cm^2

[b]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 6kg/cm^2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 10 ข้อมูลดิบ ประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอน จากการเผาไหม้ชานอ้อย

A/F	C in fuel (%)	C in ash (%)	Fuel (kg)	Ash (kg)	ηc calculate (%)	ηc (analyzer) (%)
4.59	42.84	46.8	76.7	2.6	96.30	91
5.16	42.84	47.8	36.2	1.2	96.36	91
5.21	42.84	4.50	51.5	2.2	95.46	90
5.67	42.84	43.9	69.2	2.3	96.51	91
5.90	42.84	47.4	33.4	1.2	96.02	90
6.01	42.84	49.9	30.1	1.2	95.36	90
6.41	42.84	50.1	76.3	2.5	96.17	91
6.80	42.84	46.5	27.5	1.1	95.66	90
7.37	42.84	46.2	30.8	1.3	95.45	90
5.90	42.84	46.4	96.2	4.3	95.16	92

หมายเหตุ

[a]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 3 kg/cm^2

[b]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 6kg/cm^2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

m_{fuel} 16.05 kg/hr ปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง 40.84% เท่ากับ 6.55 kg/hr

mash 4.05 kg/hr ปริมาณคาร์บอนในขี้เถ้า 2.9% เท่ากับ 0.12 kg/hr

$\therefore$ C ที่จะกลายเป็นแก๊ส CO, CO_2 เท่ากับ 6.55 - 0.12 = 6.44 kg/hr

m_{fluen} gas 81 kg/hr

มี CO_2 จากการวัด 14.4% = 11.66 kg/hr

จากสมการเคมี

$C + O_2 = CO_2$

1 โมล CO_2 มี 44 kg มาจาก C มี 12 kg

ดังนั้น CO_2 11.66 kg/hr จาก C = 3.18 kg/hr

$\therefore$ จะเหลือ C ที่จะไปเกิดเป็น CO อีก 6.44 – 3.18 = 3.25 kg/hr

จากสมการเคมี

$C + 0.5O_2 = CO$

1 โมล C มี 12 kg กลายเป็น CO 28 kg

ดังนั้น C 3.25 kg/hr กลายเป็น CO = 7.59 kg/hr

$\therefore$ จะมี $CO = \frac{7.59}{81} \times 100 = 9.38\%$

m_{air} 78 kg/hr ปริมาณออกซิเจนในอากาศ 23.2% เท่ากับ 18.1 kg/hr

m_{fuel} 16.05 kg/hr ปริมาณออกซิเจนในเชื้อเพลิง 43.07% เท่ากับ 6.91 kg/hr

$\therefore$ O_2 ที่เข้าสู่ระบบ 18.1 + 6.91 = 25.0 kg/hr

มี O_2 จากการวัด 5.1% = 4.1 kg/hr

ดังนั้น O_2 ที่ใช้ในการเผาไหม้ 25 – 4.1 = 20.84 kg/hr

จากสมการเคมี

$C + O_2 = CO_2$

1 โมล CO_2 มี 44 kg มาจาก O_2 มี 32 kg

ดังนั้น CO_2 11.66 kg/hr จาก O_2 = 8.48 kg/hr

O_2 ที่ทำให้เกิด CO_2 40.63%

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากสมการเคมี

$C + 0.5O_2 = CO$

1 โมล CO_2 มี 44 kg มาจาก O_2 มี 32 kg

ดังนั้น CO_2 7.59 kg/hr จาก O_2 = 4.34 kg/hr

O_2 ที่ทำให้เกิด CO 20.79%

จากสมการเคมี

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$

1 โมล $2H_2$ มี 4 kg มาจาก O_2 มี 32 kg

ดังนั้น H_2 0.59 kg/hr จาก O_2 = 7.6 kg/hr

O_2 ที่ทำให้เกิด H_2O 36.4%

จากสมการเคมี

$S + O_2 = SO_2$

1 โมล S มี 32 kg มาจาก O_2 มี 32 kg

ดังนั้น S 0.01 kg/hr จาก O_2 = 0.01 kg/hr

O_2 ที่ทำให้เกิด SO_2 0.06%

ดังนั้น เกิด O_2 ที่ใช้เผาไหม้ 20.44 kg/hr

และ O_2 ที่สูญเสียออกจาเตา 0.44 kg/hr

O_2 ที่สูญเสียออกจาเตา 2.11%

ตาราง 11 ข้อมูลดิบการแจกแจงการใช้แก๊สออกซิเจน จากการเผาไหม้ฟางข้าว

A/F	Gas in flue gas				O_2 for combustion to			
	O_2	CO_2	CO	CO	CO_2	SO_2	H_2O	Lose
4.88	5.1	14.4	9.4	20.79	40.63	0.06	36.40	2.11
5.47	5.9	14.2	7.4	17.62	42.82	0.06	34.58	4.93
5.57	6.3	13.9	7.2	17.53	43.08	0.06	64.79	4.54
6.00	6.7	13.7	6.4	16.04	43.66	0.06	33.84	6.40
6.25	7.2	13.4	6.0	15.71	44.36	0.06	33.71	6.16
6.49	7.4	13.8	4.9	13.17	46.93	0.06	33.13	6.71
6.84	7.8	12.2	5.6	15.30	42.60	0.06	32.37	9.67
7.27	8.6	11.6	5.0	14.74	43.01	0.06	32.40	9.8
8.00	8.8	11.8	3.9	11.75	45.18	0.05	30.67	12.34
6.25	6.8	14.4	4.6	11.84	46.87	0.06	33.02	8.21

หมายเหตุ

[a]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 3 kg/cm^2

[b]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 6kg/cm^2

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 12 ข้อมูลดิบการแจกแจงการใช้แก๊สออกซิเจน จากการเผาไหม้ชานอ้อย

A/F	Gas in flue gas				O_2 for combustion to			
	O_2	CO_2	CO	CO	CO_2	SO_2	H_2O	Lose
4.59	5.4	15.3	10.5	21.66	40.09	0.05	37.97	0.24
5.16	5.7	14.9	8.8	18.92	40.94	0.05	35.84	4.26
5.21	5.6	14.5	8.6	18.69	40.02	0.05	.5.54	5.71
5.67	5.8	14.6	7.4	16.45	41.53	0.05	33.81	8.17
5.90	5.8	14.0	7.4	16.10	40.39	0.05	33.14	10.32
6.01	6.4	13.8	6.6	15.60	41.40	0.05	33.37	9.59
6.41	6.2	13.8	5.7	13.64	41.71	0.05	31.45	13.16
6.80	7.1	12.4	5.9	14.75	39.67	0.05	31.70	13.83
7.37	6.8	13.6	4.0	10.10	43.96	0.04	29.46	16.44
5.90	5.6	14.3	6.7	15.16	40.96	0.05	32.83	11.00

หมายเหตุ

[a]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 3 kg/cm^2

[b]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 6kg/cm^2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การหาปริมาณไอน้ำ

ระดับน้ำเริ่มต้น = 0.056 m

ระดับน้ำสุดท้าย = 0.106 m

ขนาดถังเก็บน้ำ = 0.62×0.62 m2

ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิน้ำป้อน = 997 kg/m3

ระยะเวลาที่สัด = 1 hr

∴ ปริมาณที่ไอน้ำเท่ากับ

$$m_f = \frac{(0.106-0.056)\times 0.62\times 0.62\times 997}{1}$$

$$= 19.1 \text{ kg/hr}$$

ตาราง 13 ข้อมูลดิบ ปริมาณไอน้ำที่ได้ จากการเผาไหม้ฟางข้าว

A/F	ระดับน้ำเริ่มต้น (m)	ระดับน้ำสุดท้าย (m)	ขนาดถังเก็บน้ำ (ก×ย) (m^2)	ความหนาแน่นน้ำ (kg/m^3)	ปริมาณไอน้ำที่ได้ (kg/hr)
4.88	0.031	0.081	0.3844	997	19
5.47	0.077	0.126	0.3844	997	19
5.57	0.052	0.092	0.3844	997	15
6.00	0.095	0.146	0.3844	997	19
6.25	0.054	0.093	0.3844	997	15
6.49	0042	0.081	0.3844	997	15
6.84	0.056	0.106	0.3844	997	19
7.27	0.038	0.077	0.3844	997	15
8.00	0.121	0.160	0.3844	997	15
6.25	0.068	0.141	0.3844	997	28

หมายเหตุ

[a]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 3 kg/cm^2

[b]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 6kg/cm^2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 14 ข้อมูลดิบ ปริมาณไอน้ำที่ได้ จากการเผาไหม้ชานอ้อย

A/F	ระดับน้ำเริ่มต้น (m)	ระดับน้ำสุดท้าย (m)	ขนาดถังเก็บน้ำ (กxย) (m^2)	ความหนาแน่นน้ำ (kg/m^3)	ปริมาณไอน้ำที่ได้ (kg/hr)
4.59	0.043	0.094	0.3844	997	19
5.16	0.079	0.129	0.3844	997	19
5.21	0.093	0.132	0.3844	997	15
5.67	0.048	0.097	0.3844	997	19
5.90	0.095	0.145	0.3844	997	19
5.01	0.075	0.116	0.3844	997	15
6.41	0.091	0.141	0.3844	997	19
6.80	0.086	0.126	0.3844	997	15
7.37	0.047	0.086	0.3844	997	15
5.90	0.042	0.116	0.3844	997	28

หมายเหตุ

[a]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 3 kg/cm^2

[b]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 6kg/cm^2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การวิเคราะห์สมดุลพลังงาน

พลังงานที่เข้าระบบ คือ พลังงานเคมีในเชื้อเพลิงที่ส่งเข้าเตา (e)

e = HHV

HHV คือ ค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง

e = 15807 kJ/kg_{fuel}

พลังงานที่ออกจากระบบ คือ

1 พลังงานที่น้ำป้อนได้รับเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอดง (e1)

$$e1 = \frac{m_e}{m_f} \times (h_s - h_w)$$

m_s คือ ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ (15 kg/hr)

mf คือ ปริมาณเชื้อเพลิง (16.05 kg/hr)

hs คือ เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำ (2735.13 kJ/kg)

hw คือ เอนทัลปีจำเพาะของน้ำ (109.07 kJ/kg)

$$e1 = \frac{15}{16.05} \times (27.35.13 - 109.07)$$

$$= 3108.73 \text{ kJ/kg}_{fuel}$$

2 พลังงานในไอเสียแห้งที่ไหลออกเปล่ง (e2)

$$e2 = m_{dg}\ Cp_{dg}\ (T_{dg} - T_s)$$

m_{dg} คือ ปริมาณไอเสียแห้ง (5.25 kg/kgfuel)

Cp_{dg} คือ ความร้อนจำเพาะของไอเสีย (1.004 kJ/kgK)

T_{dg} คือ อุณหภูมิไอเสียออกจากระบบ (418 K)

T_a คือ อุณหภูมิอากาศเข้าระบบ (300 K)

$$e2 = 5.25 \times 1.004 \times (430 - 300)$$

$$= 684.89 \text{ kJ/kg}_{fuel}$$

3 พลังงานที่ทำให้ความชื้นในเชื้อเพลิงกลายเป็นไอ (e3)

$$e3 = m_m\ (h_v - h_f)$$

mm คือ ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ (0.0846 kg/kg_{fuel})

hv คือ เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำยวดยิ่งที่อุณหภูมิแก๊สไอเสีย (2796.51 kJ/kg)

hf คือ เอนทัลปีจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิอากาศเข้าระบบ (109.07 kJ/kg)

$$e3 = 0.0846 \times (2796.51 - 109.07)$$

$$= 227.36 \text{ IJ/kg}_{fuel}$$

4 พลังงานที่ทำให้น้ำที่เกิดจากการรวมตัวของ H2 และ O_2 กลายเป็นไอ (e4)

$$e4 = 9m_h\ (h_s - h_f)$$

mh คือ ปริมาณไฮโดรเจน (0.0592 kg/kg_{fuel})

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

hv คือ เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำยวดยิ่งที่อุณหภูมิแก๊สไอเสีย (2796.51 kJ/kg)

hf คือ เอนทัลปีจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิอากาศเข้าระบบ (109.07 kJ/kg)

$e4 = 9 \times 0.0592 \times (2796.51 - 109.07)$

$= 1431.89 \text{ kJ/kg}_{fuel}$

5 พลังงานที่ทำให้ความชื้นในอากาศที่เข้าเผาไหม้กลายเป็นไอดง (e5)

$e5 = m_s w Cp_v (T_{dg} - T_a)$

m_a คือ ปริมาณอากาศที่ใช้จริง (4.88 kg/kg_{fuel})

w คือ อัตราส่วนความชื้นในอากาศ (0.03 kg/kg dryair)

Cp_v คือ ค่าความร้อนจำเพาะของไอน้ำ (1.88 kJ/kgK)

T_{dg} คือ อุณหภูมิไอเสียออกจากระบบ (430 K)

T_a คือ อุณหภูมิอากาศเข้าระบบ (300 K)

$e5 = 4.88 \times 0.03 \times 1.88 \times (430 - 300)$

$= 35.8 \text{ kJ/kg}_{fuel}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

6 การสูญเสียพลังงานความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (e6)

$$e6 = \frac{\%CO}{\%CO + \%CO_2} \times m_{cb} \times 23560$$

%CO คือ ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (9.38%)

$\%CO_2$ คือ ปริมาณแก๊สคาร์บอนออกไวด์ (14.4%)

m_{cb} คือ ปริมาณคาร์บอนที่เผาไหม้ (0.39 kg/kg_{fuel})

$m_{cb} = mc - mcub$

m_c คือ ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (0.4084 kg/kg_{fuel})

m_{cub} คือ ปริมาณคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ (0.0073 kg/kg_{fuel})

$$e6 = \frac{9.38}{9.38 + 14.4} \times 0.39 \times 23560$$

$= 3726.54 \text{ kJ/kg}_{fuel}$

7 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการเผาไหม้ไม่หมด (e7)

$e7 = m_{cub}\ CV_c$

m_{cub} คือ ปริมาณคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้ (0.19 kg/kg fuel)

$mcub = \frac{m_{ash}}{m_f} = \frac{0.177}{16.05}$

m_{ash} คือ ปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในขี้เถ้า (0.117 kg/hr)

CV_c คือ ค่าความร้อนของคาร์บอน (3300 kJ/kg)

$e7 = 0.19 \times 33000$

$= 241.28$ kJ/kg fuel

8 การสูญเสียพลังงานที่ไม่สามารถวัดได้ (e8)

$e8 = e - \sum_{i=1}^{7} e_j$

$e8 = 15807 - 9635.2$

$= 6171.98\ kJ/kg_{fuel}$

ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ

$\eta boiler = \frac{e1}{e} \times 100$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

$= \frac{3108.73}{15807} \times 100$

$= 19.67\%$

ตาราง 15 การแจกแจงสมดุลพลังงาน

		รายการ	%
พลังงานเข้าสู่ระบบ	e	พลังงานเคมีในเชื้อเพลิงที่ส่งเข้าตา	100
พลังงานออกจากระบบ	e1	พลังงานที่น้ำป้อนได้รับเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไออิ่มตัว	19.67
	e2	พลังงานในไอเสียแห้งที่ไหลออกปล่อง	4.33
	e3	พลังงานที่ทำให้ความชื้นในเชื้อเพลิงกลายเป็นไอ	1.44
	e4	พลังงานที่ทำให้น้ำที่เกิดจากการรวมตัวของ H_2, O_2 กลายเป็นไอ	9.06
	e5	พลังงานที่ทำให้ความชื้นในอากาศที่เข้าเผาไหม้กลายเป็นไอ	0.23
	e6	พังงานความร้อนเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์	23.57
	e7	พลังงานเนื่องจากการเผาไหม้ไม่หมด	1.53
	e8	พลังงานที่ไม่สามารถวัดได้	40.18
รวม			100
ประสิทธิภาพ			19.67

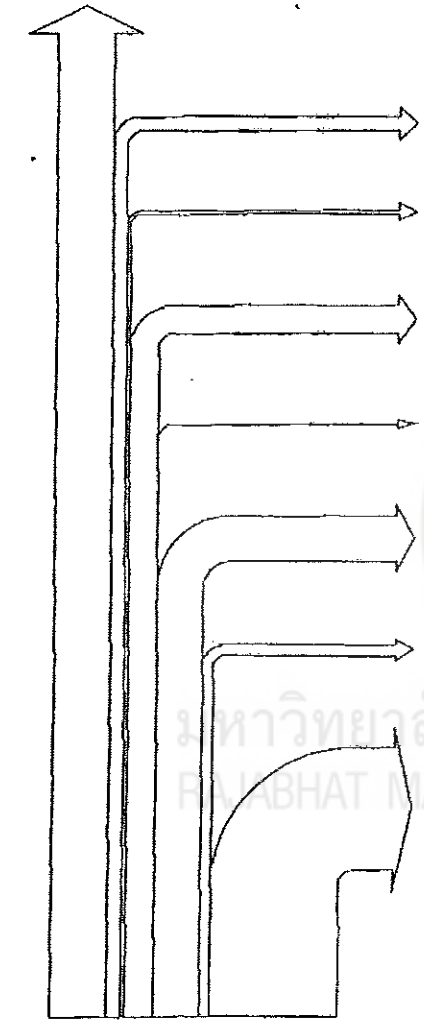
สามารถนำผลไปแจกแจงได้ดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แผนภูมิแซงกี้

พลังงานที่เพิ่มขึ้นในไอน้ำ (e1)

3108.73 kJ/kg; 19.67 %



พลังงานที่สูญเสียไปกับไอเสียแห้งที่ไหลออกปล่อง (e2)

684.89 kJ/kg; 4.33 %

พลังงานที่สูญเสียไปกับความชื้นในเชื้อเพลิง (e3)

227.36 kJ/kg; 1.44%

พลังงานที่สูญเสียจากการเผาไหม้ไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง (e4)

1431.89 kJ/kg; 9.06%

พลังงานที่สูญเสียไปกับความชื้นในอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ (e5)

35.8 kJ/kg; 0.23%

พลังงานที่สูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (e6)

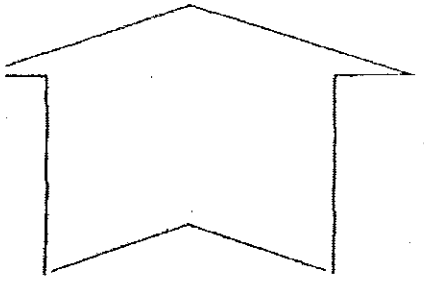
3726.54 kJ/kg; 23.57%

พลังงานที่สูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ไม่หมด (e7)

241.28 kJ/kg; 1.53%

พลังงานสูญเสียที่ไม่สามารถวัดได้ (e8)

6171.98 kJ/kg; 40.18%



พลังงานเคมีในเชื้อเพลิง (e)

15807 kJ/kg; 100 %

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 16 ข้อมูลดิบ การทำสมุดพลังงาน จากการเผาไหม้ฟางข้าว

A/F	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	ηsys
4.88	19.67	4.33	1.44	9.06	0.23	23.57	1.53	40.18	19.67
5.47	19.70	4.67	1.43	9.03	0.25	20.54	1.56	42.82	19.70
5.57	17.84	4.86	1.44	9.05	0.26	20.28	1.98	44.29	17.87
6.00	19.59	4.82	1.43	9.00	0.26	18.88	2.28	43.76	19.59
6.25	17.48	5.25	1.43	9.02	0.28	18.49	1.92	46.14	17.48
6.49	20.56	5.71	1.44	9.06	0.30	15.40	3.28	44.25	20.56
6.84	22.40	5.58	1.43	9.01	0.30	18.78	1.40	41.10	22.40
7.27	20.65	6.16	1.43	9.03	0.33	17.97	2.35	42.07	20.65
8.00	20.48	6.70	1.44	9.04	0.36	14.75	2.23	45.00	20.48
6.25	33.05	5.30	1.44	9.04	0.28	13.76	6.04	31.10	33.05

หมายเหตุ

[a]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 3 kg/cm^2

[b]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 6kg/cm^2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 17 ข้อมูลดิบ การทำสมุดพลังงาน จากการเผาไหม้ชานอ้อย

A/F	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	ηsys
4.59	16.59	3.48	1.38	8.52	0.18	22.44	2.97	44.43	16.59
5.16	16.42	3.79	1.38	8.51	0.20	20.41	2.91	46.37	16.42
5.21	14.71	4.05	1.39	8.54	0.21	20.35	3.63	47.12	14.71
5.67	16.53	3.98	1.38	8.48	0.21	18.50	2.80	48.12	16.53
5.90	18.62	4.36	1.38	8.52	0.23	18.49	3.18	45.21	18.62
6.01	17.02	4.68	1.39	8.55	0.24	17.68	3.72	46.72	17.02
6.41	18.90	4.62	1.38	8.51	0.24	16.17	3.07	47.12	18.90
6.80	17.00	5.04	1.38	8.52	0.27	17.58	3.48	46.73	17.00
7.37	17.03	5.40	1.39	8.52	0.29	12.35	3.65	51.39	17.03
5.90	27.63	4.33	1.38	8.50	0.23	17.43	3.88	36.63	27.63

หมายเหตุ

[a]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 3 kg/cm^2

[b]การผลิตไอน้ำที่ความดัน 6kg/cm^2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าพลังงานที่ประหยัดได้จากการใช้เอเพลิงชีวมวลแทนน้ำมันดีเซล โดยกำหนดให้การใช้น้ำมันดีเซลมีประสิทธิภาพ 80% ได้อัตราการใช้น้ำมันดีเซลดังนี้

$$mf = \frac{m_s(h_e - h_s)}{\eta \times HHV}$$

$$= \frac{28 \times (2754.33 - 10907)}{0.8 \times 42500}$$

$$= 2.18 \frac{kg}{hr}$$

$$= \frac{2.18 \frac{kg}{hr}}{0.84 \frac{kg}{l}} = 2.6 \frac{l}{hr}$$

ค่าซ่อมบำรุง Cm = 0.05 × 140000 = 7000

ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน

Ce = 14 กก/ชม. × 0.1 บาท/กก × 5 ชม/งวด × 14 งวด/สัปดาห์ × 48 สัปดาห์/ปี = 4704 บาท/ปี

รายรับ (ค่าใช้จ่ายที่ลดลง) Cc = ค่าน้ำมันดีเซล – ค่าเชื้อเพลิงชีวมวล

Cc = 89405 บาท/ปี

รายจ่าย = รายรับ

$140000\ (A/P, 8\%, n) - 0.1 \times 140000\ (A/F, 8\%, n) + 7000 + 4704 = 89405$

i = 54.87 ปี

จะได้ระยะเวลาคืนทุน 1.86 ปี

ตาราง 19 ข้อมูลดิบ การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

เชื้อเพลิง	m(kg/hr)	i(%)	N(year)	Pay back(year)	Irr(%)
ฟางข้าว	14	8	10	1.86	54.87
ชานอ้อย	15	8	10	1.88	54.37

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY