บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากขั้นตอนการดำเนินงานในการเก็บข้อมูลการเคี่ยวน้ำตาลขนาดของหม้อ 100 m^3 จะได้ข้อมูลการเคี่ยวน้ำตาลดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ที่ภาคผนวก ก ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลดังนี้ อุณหภูมิน้ำขาเข้าเจ็ทคอนเดนเซอร์ (cooling water inlet temp.),อุณหภูมิน้ำขาออกเจ็ทคอนเดนเซอร์ (cooling water outlet temp.),อุณหภูมิไอน้ำ (Vapour temp.),สุญญากาศ(Vacuum)ของหม้อ 100 m^3 (Vacuum pans),ปริมาตรน้ำเชื่อมเริ่มต้น,ปริมาตรน้ำเชื่อมสิ้นสุด,ค่าความเข้มข้นน้ำเชื่อมเริ่มต้น,ค่าความเข้มข้นน้ำเชื่อมสิ้นสุด,เวลา เพื่อที่จะนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพเจ็ทคอนเดนเซอร์ ซึ่งประสิทธิภาพของ เจ็ทคอนเดนเซอร์ จะขึ้นอยู่กับความแตกต่างอุณหภูมิไอน้ำกับอุณหภูมิน้ำขาออกจากเจ็ทคอนเดนเซอร์ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมควรจะแตกต่างกันไม่เกิน 5-7 °C และจะใช้ในการคำนวณหาค่าปริมาณน้ำเชื่อมที่ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาลและจะนำไปหาปริมาณอากาศที่จะต้องดึงออกจากหม้อเคี่ยวโดยเจ็ทคอนเดนเซอร์ว่าเป็นเท่าไรเพื่อให้หม้อเคี่ยวเป็นสุญญากาศที่สภาวะการทำงานจริงของหม้อเคี่ยวน้ำตาลที่ปริมาตร 100 m^3ซึ่งจะเป็นตังกำหนดว่าจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle)ที่เหมาะสมในการดึงปริมาณอากาศออกจากหม้อเคี่ยว

จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ว่าประสิทธิภาพของเจ็ทคอนเดนเซอร์ของโรงงานตอนนี้มีประสิทธิภาพเท่าไรจากตารางที่ 4.1 โดยพิจารณาจากทฤษฎีประสิทธิภาพของเจ็ทคอนเดนเซอร์จะขึ้นอยู่กับ Approach Temperature คือ ความแตกต่างระหว่าง อุณหภูมิไอน้ำกับอุณหภูมิของน้ำที่ทางออก (t_v-t_2) ซึ่งค่าที่เหมาะสมอยู่ที่ 5-7 ^{0}C หลังจากการเก็บข้อมูลของหม้อเคี่ยวขนาดปริมาตร 100 m^3 ของโรงงานจะได้

ประสิทธิภาพของ เจ็ทคอนเดนเซอร์ = 51.41-41.1 ^{0}C

= 10.31 ^{0}C

จากผลการคำนวณประสิทธิภาพของเจ็ทคอนเดนเซอร์พบว่าค่า Approach Temperature มีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสมดังนั้นแสดงว่ามีการใช้ปริมาณน้ำที่มากเกินไปจึงทำให้ประสิทธิภาพของเจ็ทคอนเดนเซอร์ต่ำและแสดงว่ามีจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle)มีมากเกินความจำเป็นในการควบแน่นไอน้ำดังนั้นจะต้องหาว่าจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle)ที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ประสิทธิภาพของเจ็ทคอนเดนเซอร์มีค่าอยู่ที่ 5-7 ^{0}C

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจากหม้อเคี่ยวปริมาตร 100 m^3

Time (min)	Cooling water inlet temp.(^{0}C)	Cooling water outlet temp.(^{0}C)	Vapour temp. (^{0}C)	Vacuum pans (mmHg)
0	35.6	36.2	55.2	0
5	35.7	35.9	52.8	340
10	35.7	35.5	50.6	500
15	35.3	35.7	51.5	600
20	35.1	35.2	53.1	650
25	**35.2**	**35.7**	**53.0**	**660**
30	**35.4**	**39.5**	**48.8**	**680**
35	**35.1**	**40.3**	**49.9**	**680**
40	**35.6**	**44.5**	**52.5**	**660**
45	**35.9**	**41.6**	**52.3**	**660**
50	**35.7**	**41.9**	**49.4**	**660**
55	36.3	44.3	54.0	660
60	36.1	47.8	52.5	660
65	36.1	48.1	52.0	660
70	35.4	48.6	53.2	660
75	35.3	48.4	54.2	660
80	35.7	48.6	53.0	660
85	35.8	48.2	53.6	660
90	35.9	47.8	54.2	660
95	35.5	48.1	53.3	660
100	36.5	48.5	52.8	660
Average	**35.6**	**41.11**	**51.41**	**660**

*หมายเหตุ เวลาที่ 25- 50 คือเวลาที่เติมน้ำเชื่อมตอนเริ่มต้นจนถึงก่อนมีการเติมเชื้อน้ำตาลซึ่งเป็นช่วงที่ทราบปริมาณน้ำเชื่อมแน่นอน

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลปริมาตรน้ำเชื่อมที่ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาลที่ปริมาตร 100 m^3

ปริมาตรเริ่มต้น	49 m^3	ปริมาตรสุดท้าย	49 m^3
ความเข้มข้นน้ำเชื่อมเริ่มต้น	65.7 brix	ความหนาแน่นเริ่มต้น	1.32332
ความเข้มข้นน้ำเชื่อมสุดท้าย	76.35 brix	ความหนาแน่นสุดท้าย	1.390645
เวลา	25 min		

จากผลการเก็บข้อมูลของตารางที่ 4.2 ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาตรน้ำเชื่อมที่ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาลที่ปริมาตร 100 m^3 จะได้

ปริมาณน้ำเชื่อมเริ่มต้น = ปริมาตรเริ่มต้น × ความหนาแน่นเริ่มต้น

$= 49 \times 1.32332$

$= 64.84268$ ตัน

ปริมาณน้ำเชื่อมสุดท้าย = ปริมาตรสุดท้าย × ความหนาแน่นสุดท้าย

$= 49 \times 1.390645$

$= 68.141605$ ตัน

ดังนั้นปริมาณน้ำเชื่อมที่ใช้ $= \dfrac{\left[(\%Brix \times solution)_{final} - (\%Brix \times solution)_{start}\right]}{\%Brix_{start}}$

แทนค่าในสมการจะได้ $= \left[\dfrac{(0.7635 \times 68.1416045) - (0.657 \times 64.84268)}{0.657}\right]$ ตัน

$= 14.34$ ตัน

จากผลการหาปริมาณน้ำเชื่อมที่ใช้ซึ่งจะนำมาหาว่าต้องดึงอากาศออกโดยเจ็ทคอนเดนเซอร์เท่าไรซึ่งอากาศที่ต้องดึงออกมีดังนี้

1. อากาศที่มาจากการต้มระเหย เราสามารถคำนวณอากาศในส่วนนี้ได้จาก

   $a_1 = 5 - 10$ p.p.m. ของไอน้ำที่มาจากหม้อต้ม

   แต่เนื่องจากกระบวนการเคี่ยวน้ำตาลของทางโรงงานไม่มีการใช้ไอน้ำจากหม้อต้ม ดังนั้นปริมาณอากาศที่มาจากการต้มระเหย ไม่มี

2. อากาศและแก๊สที่ไม่ควบแน่นที่มาจากน้ำเชื่อม เราสามารถคำนวณอากาศในส่วนนี้ได้จาก

   - การต้มระเหย $a_2 = 200 - 250$ p.p.m. ของปริมาณน้ำเชื่อมที่เข้าหม้อต้ม
   - หม้อเคี่ยว A และ B $a_2 = 100$ p.p.m. ของปริมาณน้ำตาลที่เข้าหม้อเคี่ยว

- หม้อเคี่ยว C a_2 = 50 p.p.m. ของปริมาณน้ำตาลที่เข้าหม้อเคี่ยว

แต่จากการเก็บข้อมูลการเคี่ยวน้ำเชื่อมเป็นหม้อเคี่ยวขนาด 100 m^3เป็นแบบชนิดA ดังนั้นจะต้องหาปริมาณน้ำตาลที่เข้าหม้อเคี่ยวได้ ได้ดังนี้

$$m_{air} = \frac{100}{10^6} \times \frac{14.34 \times 10^3}{25} = 0.05736 \text{ kg/min}$$

และจากสมการ 2.5 หาปริมาตรจำเพาะโดยใช้ Mariotte's Law

$$v = \frac{RT_a}{p_a}$$

โดยที่ v = ปริมาตรจำเพาะของอากาศที่ความดันสัมบูรณ์และอุณหภูมิสัมบูรณ์ (l/g)

R = ค่าคงที่ของแก๊สสมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 0.002927

T_a = อุณหภูมิของอากาศในหน่วย เคลวิน (K)

p_a = ความดันอากาศที่ออกจากคอนเดนเซอร์ (kg/cm^2)

แทนค่าจะได้

$$v_{air} = \frac{0.002927(273 + 41.1)}{0.136 - 0.0816} = 16.9 \text{ } m^3/kg$$

$$\therefore a_2 = 0.05736 \times 16.9 = 0.9693952821 \text{ } m^3/min$$

$$= 969{,}395.2821 \text{ } cm^3/min$$

$$= 0.969 \text{ } m^3/min$$

3. อากาศที่มากับน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์ เราสามารถคำนวณอากาศในส่วนนี้ได้จาก

- น้ำที่มาจากบ่อพัก a_3 = 30 – 40 p.p.m.

ดังนั้นจะต้องหาปริมาณน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์

จาก $m_1 h_1 + m_2 h_2 = (m_1 + m_2) h_3$

$$m_1(h_1 - h_3) = m_2(h_3 - h_2)$$

$$m_2 = \frac{m_1(h_1 - h_3)}{h_3 - h_2}$$

โดยที่ m_1 คือ ปริมาณของไอน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์

m_2 คือ ปริมาณของน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์

h_1 คือ ผลรวมพลังงานความร้อนของไอน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์ ที่อุณหภูมิต่างๆ

h_2 คือ ผลรวมพลังงานความร้อนของน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์ 1 kg ที่อุณหภูมิต่างๆ

h_3 คือ ผลรวมพลังงานความร้อนของน้ำที่ออกจากคอนเดนเซอร์1 kg ที่อุณหภูมิต่างๆ

ป
TJ
709
0342 ป
2548
ท. 3860589

สำนักหอสมุด
17 มี.ค. 2551

ดังนั้นจะต้องหาข้อมูลดังต่อไปนี้

3.1. หาค่าปริมาณของไอน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์ จาก

$$m_1 = (Q_{final} \times \frac{Brix_{final}}{Brix_{start}}) - Q_{final}$$

โดยที่ Q_{final} คือ ปริมาณน้ำเชื่อมสุดท้าย

$Brix_{final}$ คือ ความเข้มข้นน้ำเชื่อมสิ้นสุด

$Brix_{start}$ คือ ความเข้มข้นน้ำเชื่อมเริ่มต้น

ดังนั้นแทนค่าในสมการจะได้ $m_1 = (68.1416 \times \frac{76.35}{65.7}) - 68.1416$

$= 11.04$ ตัน

3.2. หาผลรวมพลังงานความร้อนของไอน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์ ที่อุณหภูมิต่าจาก (Table 41.1 มาจากหนังสือ HANDBOOK OF CANE SUGAR ENGINEERING หน้า 1034)

จะได้ค่าเป็น $h_1 = 619.464$ kcal/kg

3.3. หาผลรวมพลังงานความร้อนของน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์ 1 kg ที่อุณหภูมิต่างๆ จากการเก็บข้อมูลการเดี่ยวน้ำตาลที่ปริมาตร 100 m^3จะได้ $h_2 = 35.6$ kcal/kg

3.4. หาผลรวมพลังงานความร้อนของน้ำที่ออกจากคอนเดนเซอร์1 kg ที่อุณหภูมิต่างๆจากการเก็บข้อมูลการเดี่ยวน้ำเชื่อมของหม้อ 100 m^3จะได้ $h_3 = 41.11$ kcal/kg

ดังนั้นแทนค่าจะได้ $m_2 = \frac{11.04(619.464 - 41.11)}{41.11 - 35.6}$

$= 1{,}158.807$ ตัน

และปริมาตรจำเพาะของน้ำเป็น 0.001 m^3/kg

ดังนั้น ปริมาณน้ำที่เข้าคอนเดนเซอร์ $= 1{,}158.807 \times 0.001$

$= 1{,}158.807$ m^3/ 25 min

$= 46.35$ m^3/min

$\therefore a_3 = \frac{40 \times 46.35 \times 10^6}{10^6} = 1{,}854.09$ cm^3/min

4. อากาศที่มาจากการรั่วตามจุดต่าง ๆ เราสามารถคำนวณอากาศในส่วนนี้ได้จาก

- หม้อเคี่ยว $a_4 = 500$ p.p.m. ต่อชั่วโมงสำหรับปริมาตรหม้อเคี่ยวที่ใช้

ปริมาตรหม้อเคี่ยวที่ใช้ คือ 100 m^3

$\therefore a_4 = \frac{500 \times 100}{10^6 \times 60} = 0.00083333$ m^3/min

$= 833.33$ cm^3/min

จะได้ปริมาณอากาศทั้งหมดที่ต้องดึงออกจากหม้อเคี่ยวปริมาตร 100 m^3 จาก

$= a_2 + a_3 + a_4$

$= 969,395.2821 + 1,854.09 + 833.33$

$= 972,082.707\ cm^3/min$

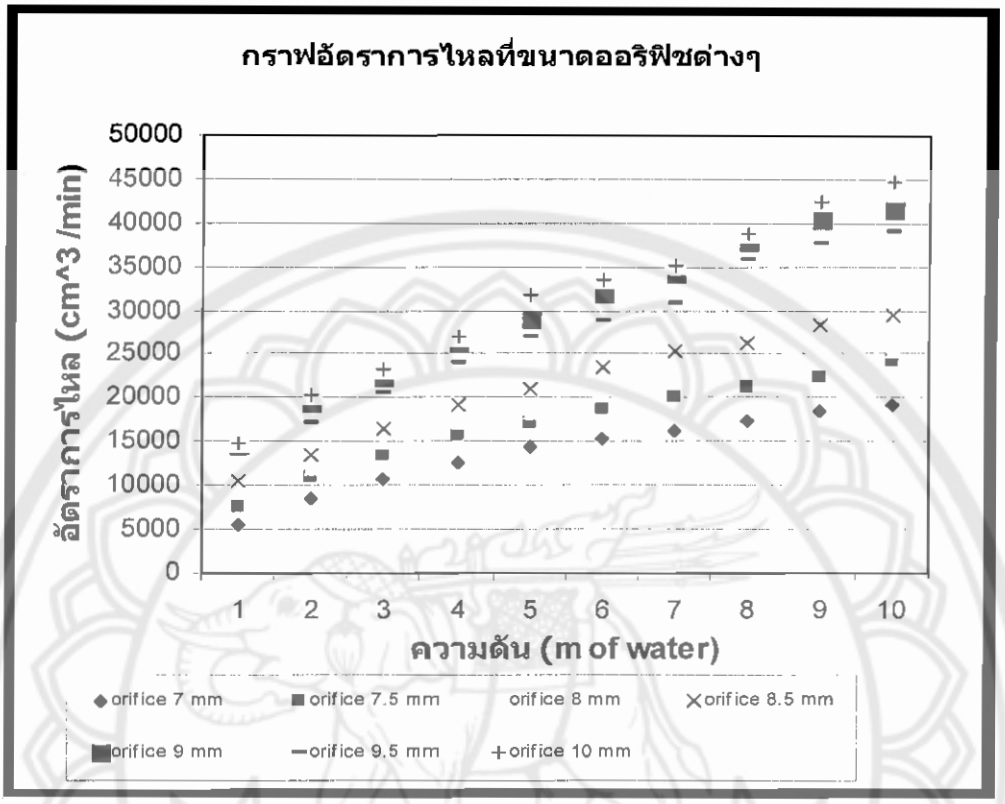
$= 0.972\ m^3/min$

ดังนั้นจะต้องหาว่าจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle)ที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ประสิทธิภาพของเจ็ทคอนเดนเซอร์มีค่าอยู่ที่ 5-7 ^0C โดยที่สามารถดึงปริมาณอากาศได้ 0.972 m^3/min และต้องใช้ปริมาณเป็นเท่าไร ดังนั้นจะต้องทำการทดลองหาปริมาณน้ำที่ใช้ต่อหนึ่งหัวหัวฉีด(Nozzle)และปริมาณการดึงอากาศจากออริฟิชแล้วสร้างสมการขึ้นมาเพื่อจะได้กำหนดจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle)ที่เหมาะสม จากการทดลองต่อไปนี้

1. ชุดทดลองหาปริมาณน้ำจากออริฟิช

โดยนำข้อมูลจาก ภาคผนวก ก คือผลการทดลองหาปริมาณน้ำจากรูออริฟิชต่างๆเมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อให้เห็นแนวโน้มจากการทดลองได้ง่าย จึงได้ดังรูปที่ 4.1 และ เนื่องจากข้อมูลของโรงงานพบว่าความดันน้ำที่ใช้ในเจ็ทคอนเดนเซอร์ มีค่าอยู่ระหว่าง 4-6 m of water ดังนั้นนำข้อมูลจาก ภาคผนวก ก มาสรุปการหาค่าสัมประสิทธิ์ของออริฟิชต่างๆได้ดังตารางที่ 4.10 เพื่อนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อให้เห็นแนวโน้มจากการทดลองได้ง่าย จึงได้ดังรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.4 เพื่อจะได้สร้างสมการขึ้นมาได้ง่ายในการหาปริมาณน้ำและจะได้กำหนดจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle)ที่เหมาะสมต่อไป

จาก ภาคผนวก ก ชุดทดลองหาปริมาณน้ำจากออริฟิชตั้งแต่ตารางที่ 4.3 ถึงตารางที่ 4.9 จะได้ผลการทดลองหาปริมาณน้ำจากรูออริฟิชต่างๆเมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อให้เห็นแนวโน้มจากการทดลองได้ง่าย จึงได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำจากรูออริฟิช และ ความดันต่างๆ

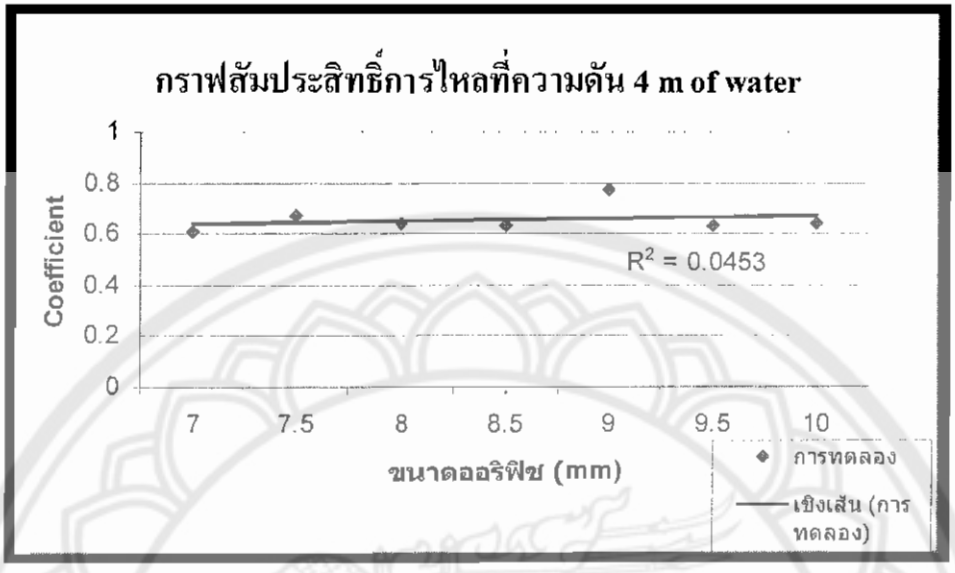
จากรูปที่ 4.1 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำจากรูออริฟิชต่างๆเมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อให้เห็นแนวโน้มจากการทดลองได้ง่าย จะพบว่าที่ขนาดออริฟิชเดียวกันอัตราการไหลของน้ำมีค่ามากขึ้นตามแรงดันน้ำและที่ขนาดออริฟิชขนาดใหญ่ขึ้นจะพบว่ามีอัตราการไหลของน้ำมากขึ้นตามขนาดออริฟิชด้วยแสดงว่าผลการทดลองหาปริมาณน้ำจากรูออริฟิชต่างๆ

เนื่องจากข้อมูลของโรงงานพบว่าความดันน้ำที่ใช้ในเจ็ทคอนเดนเซอร์ มีค่าอยู่ระหว่าง 4-6 m of water จึงสรุปการหาค่าสัมประสิทธิ์ของออริฟิชต่างๆที่ความดันน้ำ4-6 m of water จาก ภาคผนวก ก ดังตารางที่ 4.3 เพื่อนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อให้เห็นแนวโน้มจากการทดลองได้ง่าย

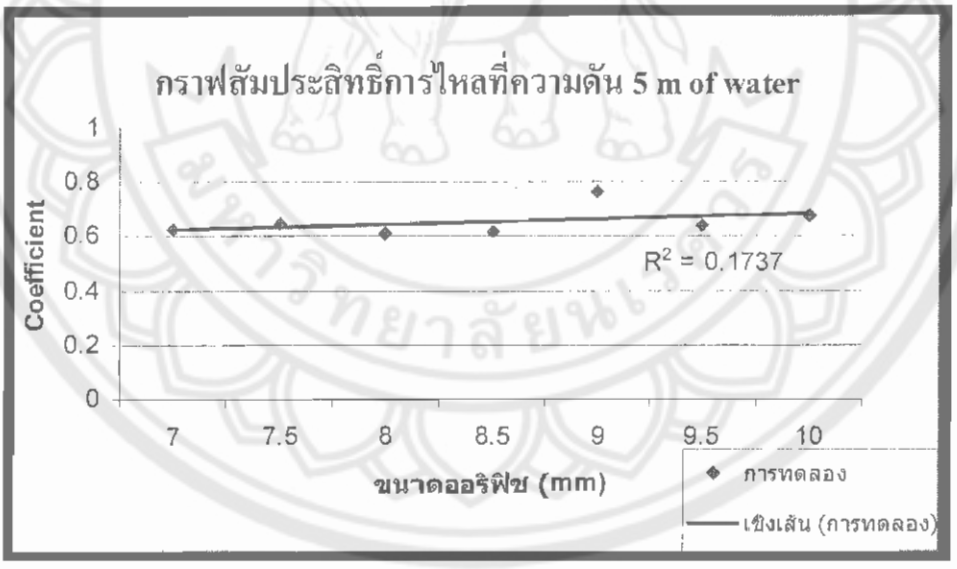
ตารางที่ 4.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของออริฟิชต่างๆจากภาคผนวก ก

Diameter of orifice(mm)	Coefficient (รวม)	Coefficient (4 m of water)	Coefficient (5 m of water)	Coefficient (6 m of water)
7.0	0.594767	0.6268	0.613186	0.607949
7.5	0.65089	0.648389	0.674049	0.6542
8.0	0.630118	0.609864	0.637137	0.629741
8.5	0.634375	0.619931	0.633695	0.638678
9.0	0.788949	0.766249	0.777206	0.771599
9.5	0.648982	0.638085	0.634134	0.621322
10	0.667558	0.678249	0.643844	0.6542

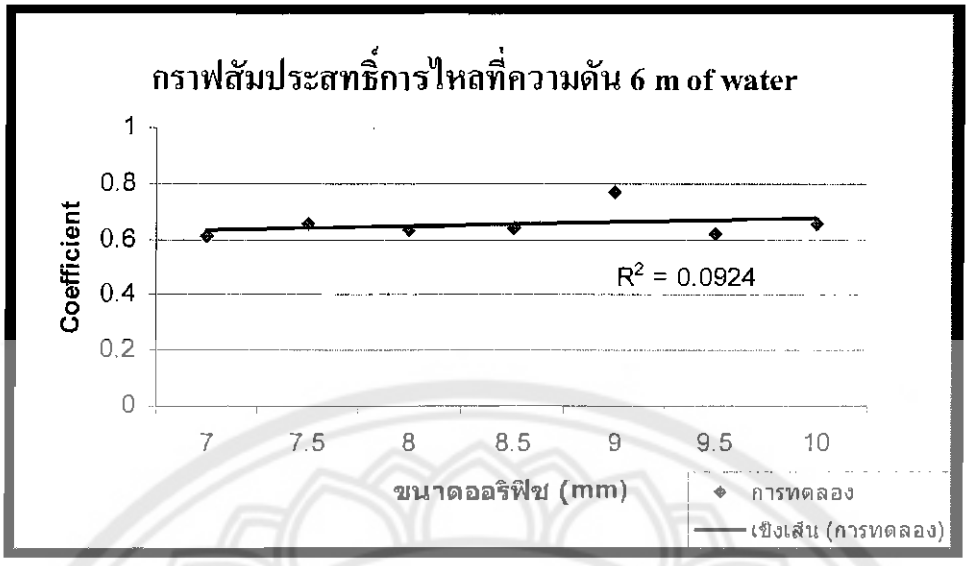
จากตารางที่ 4.3 สรุปการหาค่าสัมประสิทธิ์ของออริฟิชต่างๆ เพื่อนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อให้เห็นแนวโน้มจากการทดลองได้ง่าย จึงได้ดังรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.2 กราฟสัมประสิทธิ์การไหลที่ความดัน 0.4 m of water



รูปที่ 4.3 กราฟสัมประสิทธิ์การไหลที่ความดัน 0.5 m of water



รูปที่ 4.4 กราฟสัมประสิทธิ์การไหลที่ความดัน 0.6 m of water

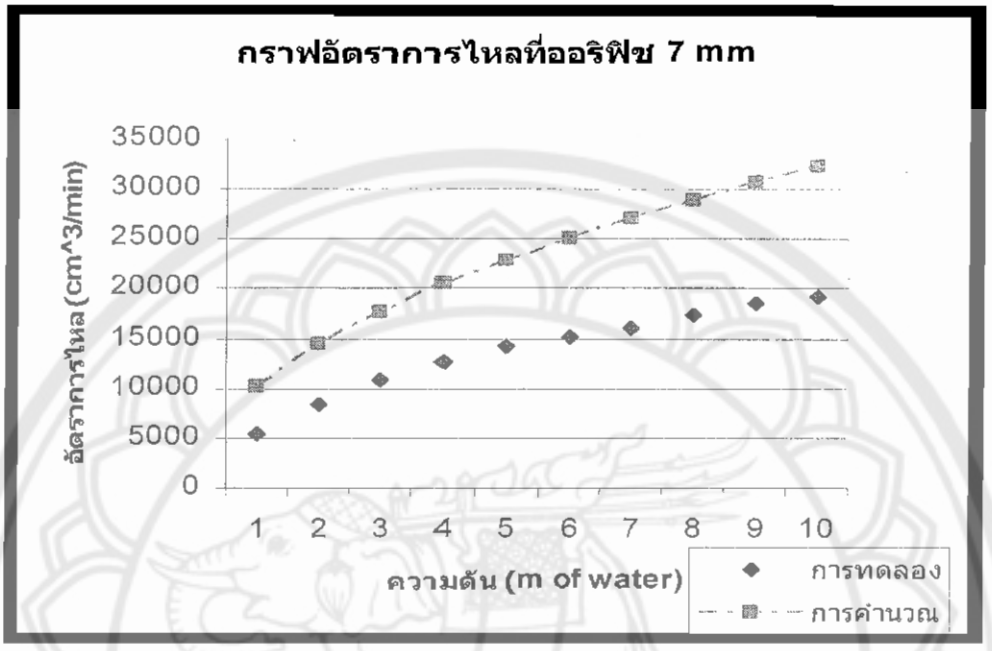
จากรูปที่ 4.2 ถึง 4.4 จะพบว่า ที่ความดันน้ำเป็น 4 ถึง 6 m of water เมื่อขนาดออริฟิชมีขนาดใหญ่ขึ้นค่าสัมประสิทธิ์ของออริฟิชก็เพิ่มมากขึ้นและเมื่อได้สร้างเส้นสมการของกราฟค่าสัมประสิทธิ์ของออริฟิชที่ความดันของน้ำเป็น 4 m of water จะได้ความสัมพันธ์ของกราฟเป็น C = 0.0054(D-7)+0.63 ส่วนเส้นสมการของกราฟค่าสัมประสิทธิ์ของออริฟิชที่ความดันของน้ำเป็น 5 m of water จะได้ความสัมพันธ์ของกราฟเป็น C = 0.0102(D-7)+0.62 และที่เส้นสมการของกราฟค่าสัมประสิทธิ์ของออริฟิชที่ความดันของน้ำเป็น 6 m of water จะได้ความสัมพันธ์ของกราฟเป็น C = 0.0077(D-7)+0.62 จากกราฟค่าสัมประสิทธิ์ของออริฟิชต่างๆมีความสัมพันธ์กันจึงทำการสร้างสมการหลักของค่าค่าสัมประสิทธิ์ของออริฟิชต่างๆ ได้เป็น

$$C = \{(7.77 \times 10^{-3} \times (D-7)) + 0.62\} \qquad \text{.....(4.1)}$$

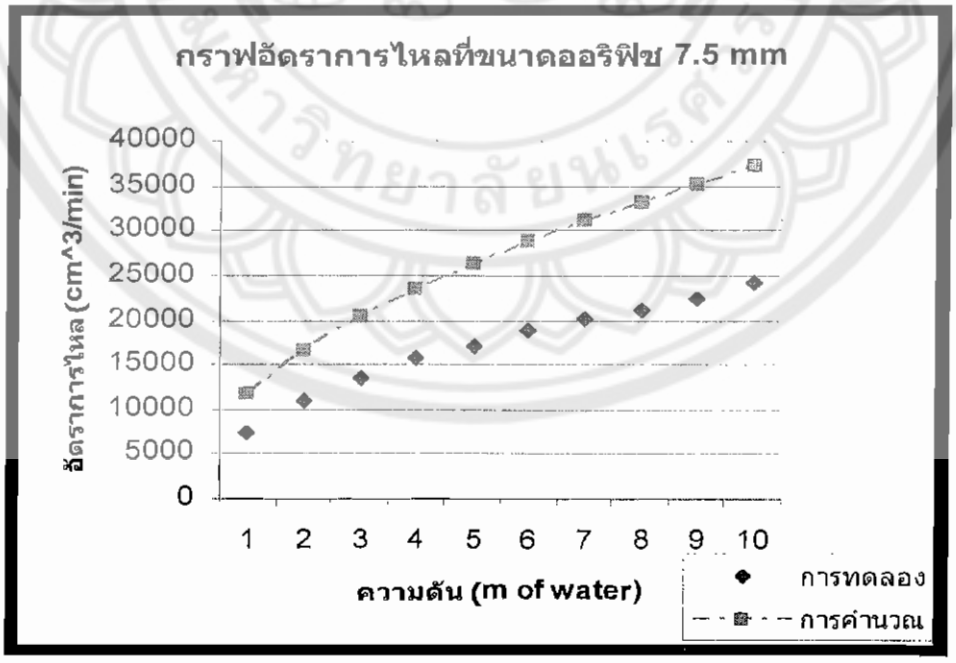
($R^2 = 0.10$)

โดยที่ D คือ ขนาดออริฟิช (mm)

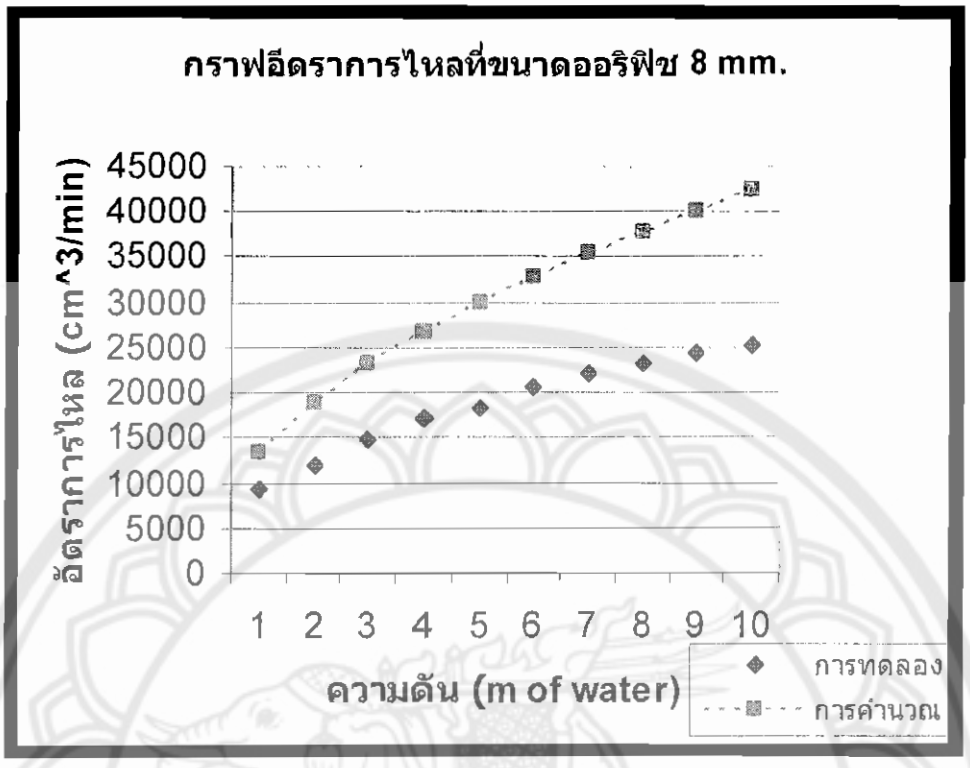
จากผลการทดลองหาปริมาณน้ำจากรูออริฟิช และหาปริมาณน้ำจากสูตรคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำจากออริฟิชดังสมการที่ 2.12 จากภาคผนวก ก เมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อให้เห็นแนวโน้มได้ง่าย และเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างการหาปริมาณน้ำจากรูออริฟิช และหาปริมาณน้ำจากสูตรคำนวณเป็นอย่างไร ซึ่งจะได้ดังรูปที่ 4.5 ถึง 4.7



รูปที่ 4.5 อัตราการไหลที่ออริฟิชขนาด 7 mm



รูปที่ 4.6 อัตราการไหลที่ออริฟิช 7.5 mm



รูปที่ 4.7 อัตราการไหลที่ออริฟิช 8 mm

จากรูปที่ 4.5 ถึง 4.7 จะพบว่าที่ขนาดออริฟิชเดียวกันอัตราการไหลของน้ำจากการคำนวณมีค่ามากกว่าอัตราการไหลของน้ำจากการทดลองเสมอแต่จะพบว่ากราฟมีความสัมพันธ์ กันอยู่ จึงได้สร้างสมการขึ้นมา ได้เป็นดังนี้

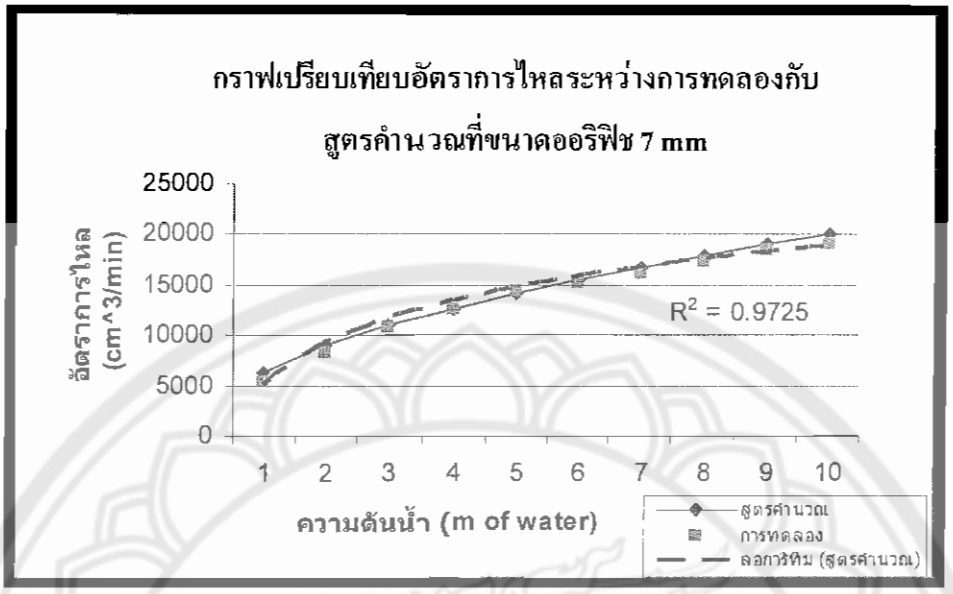
$$Q = \left\{3.4788 \times \left(7.77 \times 10^{-3}\left(D_1 - 7\right) + 0.62\right)\right\} \times D_2^{\,2} \sqrt{H} \times \left(10^6 \times 60\right) \quad \text{.....(4.2)}$$

โดย Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (cm^3/min)

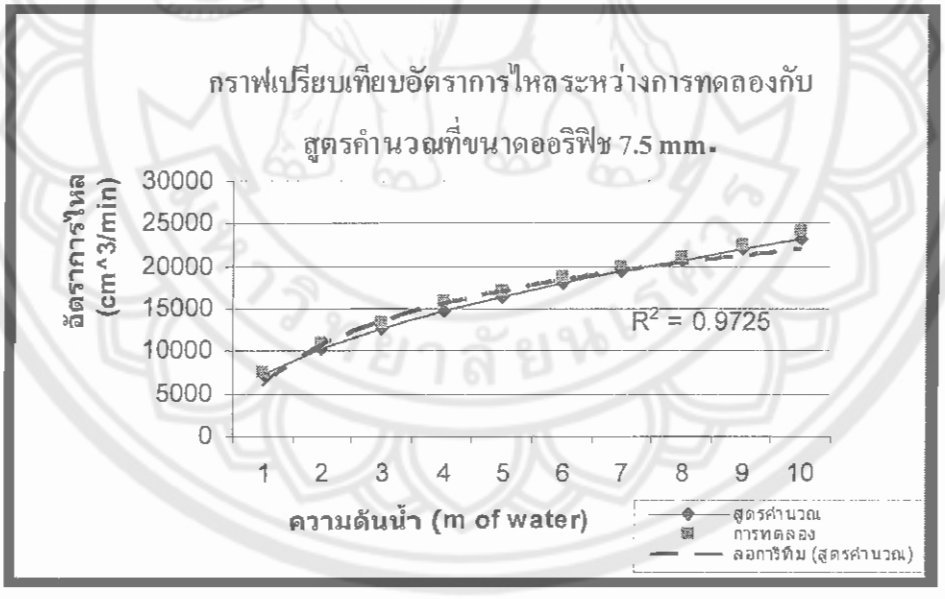
D_1 , D_2 คือ ขนาดออริฟิช (mm,m ตามลำดับ)

H คือ ความดันของน้ำ (m of water)

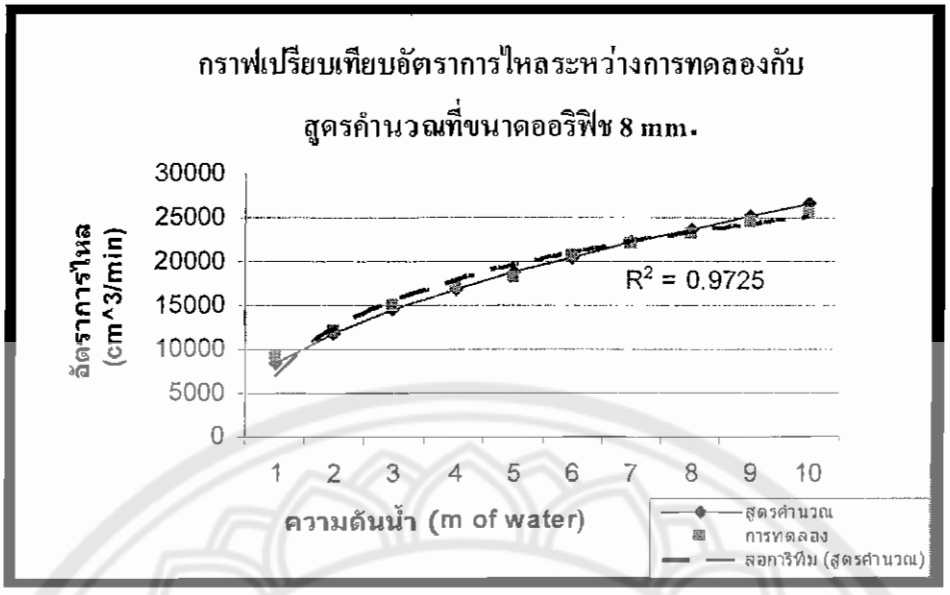
จากสมการ 4.2 ที่ได้จึงนำสมการมาตรวจสอบความถูกต้องดังแสดงในรูปที่ 4.8 - 4.10



รูปที่ 4.8 อัตราการไหลระหว่างการคำนวณกับการทดลองที่ออริฟิช 7 mm.



รูปที่ 4.9 อัตราการไหลระหว่างการคำนวณกับการทดลองที่ออริฟิช 7.5 mm.

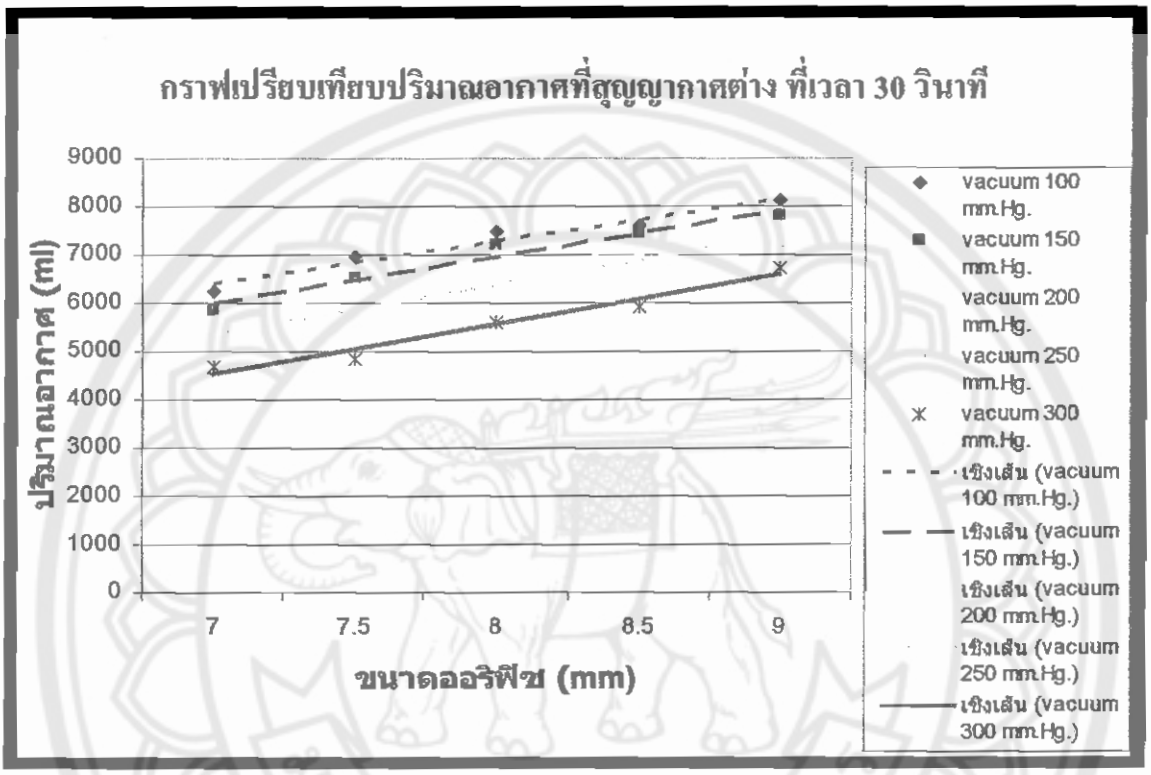


รูปที่ 4.10 อัตราการไหลระหว่างการคำนวณกับการทดลองที่ออริฟิช 8 mm.

จะพบว่าผลสมการอัตราการไหลของน้ำมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองจึงถือว่าสมการมีความถูกต้อง ซึ่งจะนำสมการอัตราการไหลไปใช้ในการหาปริมาณน้ำที่เข้า เจ็ทคอนเดนเซอร์ ต่อไป

2. ชุดทดลองหาปริมาณการดึงอากาศภายใต้สุญญากาศต่างๆ

โดยนำข้อมูลจาก <u>ภาคผนวก ข</u> คือตารางที่ 4.19 ปริมาณของการดึงอากาศ (ml) ภายใต้สุญญากาศเมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อให้เห็นแนวโน้มจากการทดลองได้ง่าย จะได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ปริมาณการดึงอากาศภายใต้สุญญากาศ(Vacuum) และ ขนาดออริฟิซต่างๆ

จากรูปที่ 4.11 จะพบว่าที่ขนาดออริฟิซเดียวกันปริมาณการดึงอากาศมีค่าลดลงเมื่อค่าสุญญากาศ(Vacuum)มากขึ้น และเมื่อขนาดออริฟิซมากขึ้นปริมาณการดึงอากาศก็มากขึ้น และจากกราฟจะพบว่าเส้นกราฟมีความสัมพันธ์กันจึงได้สร้างสมการความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

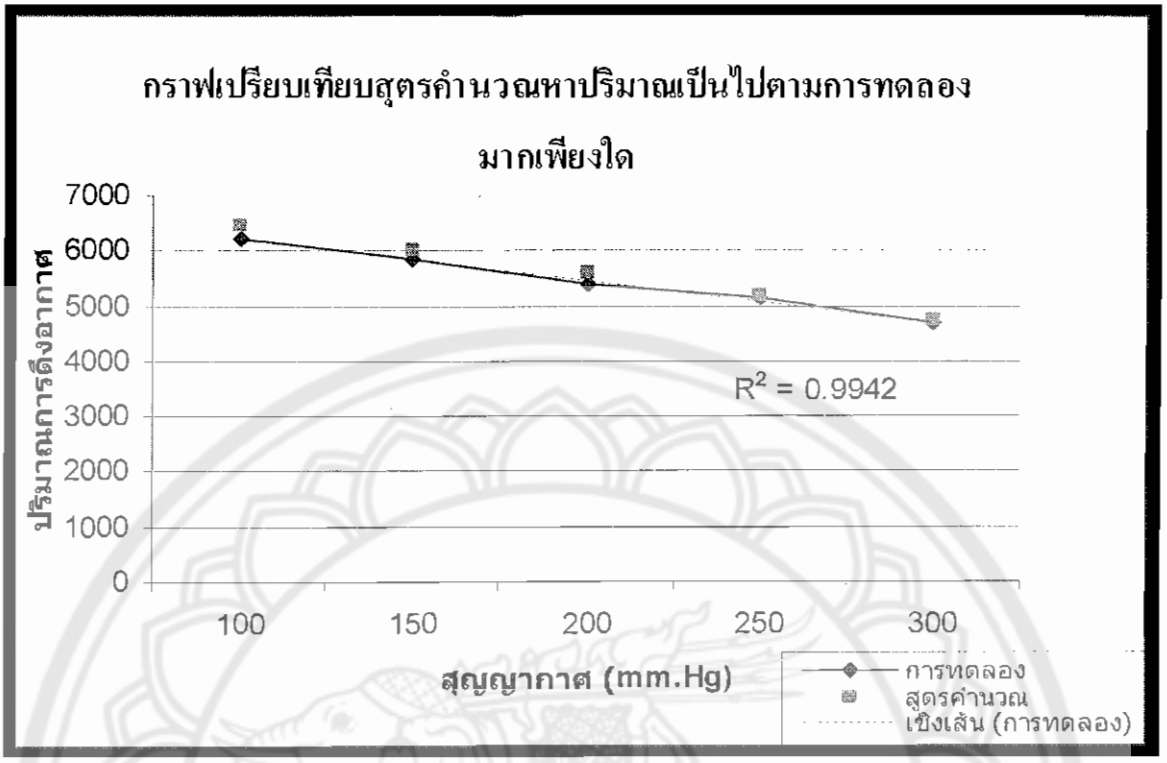
$$Q = 1000 \times (D - 7)) + \{-8.5(H - 100) + 6450\} \quad \text{.....(4.3)}$$

โดย Q คือ อัตราการดึงอากาศ (cm^3/30 s)

D คือ ขนาดออริฟิซ (mm.)

H คือ สุญญากาศ(Vacuum) (mmHg)

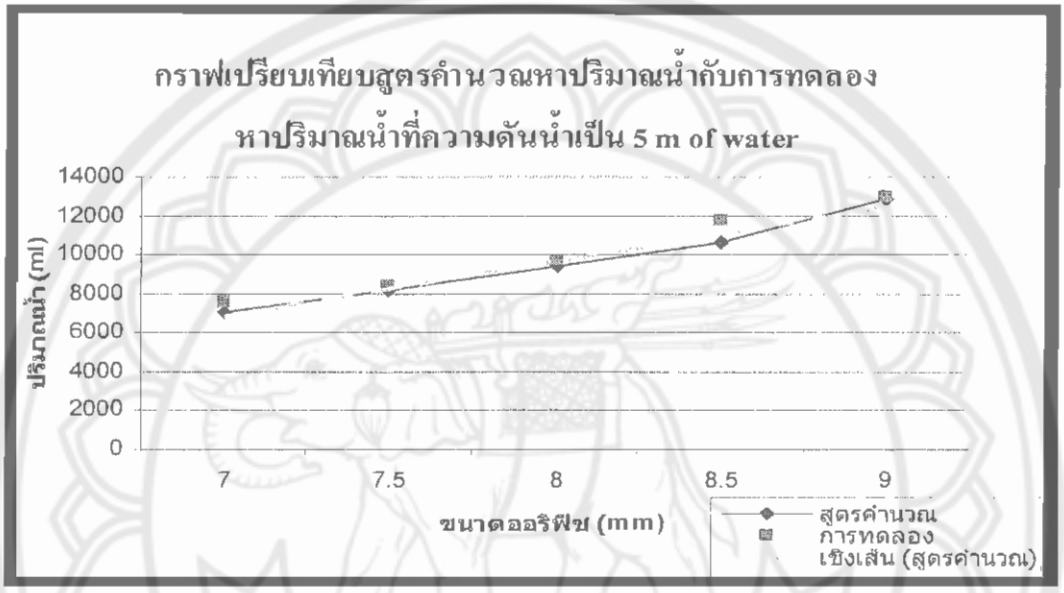
จากสมการที่ 4.3 ได้จึงนำสมการมาตรวจสอบความถูกต้องดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ปริมาณการดึงอากาศจากการทดลองกับจากสูตรคำนวณ

จะพบว่าสมการปริมาณการดึงอากาศมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองจึงถือว่าสมการมีความถูกต้อง ซึ่งจะนำสมการปริมาณการดึงอากาศไปใช้ในการกำหนดจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle)ของเจ็ทคอนเดนเซอร์ ต่อไป

จากชุดทดลองหาปริมาณการดึงอากาศเมื่อนำข้อมูลของปริมาณน้ำที่ใช้มาสร้างเป็นกราฟเปรียบเทียบกับชุดทดลองหาปริมาณน้ำจากชุดทดลองหาปริมาณน้ำได้ภายใต้สภาวะบรรยากาศ ดังในรูปที่ 4.13 จะพบว่าสมการหาปริมาณน้ำมีค่าใกล้เคียงชุดทดลองหาปริมาณการดึงอากาศ แสดงว่าสมการหาปริมาณน้ำใช้ได้กับการทดลองหาปริมาณน้ำภายใต้สุญญากาศ (Vacuum)ต่างๆ ได้



รูปที่ 4.13 ปริมาณน้ำจากการทดลองกับจากสูตรคำนวณ

รูปที่ 4.13 จะพบว่าสมการหาปริมาณน้ำมีค่าใกล้เคียงชุดทดลองหาปริมาณการดึงอากาศ แสดงว่าสมการหาปริมาณน้ำใช้ได้กับการทดลองหาปริมาณน้ำภายใต้สุญญากาศ(Vacuum)ต่างๆ ได้ดังนั้นสมการที่ได้ คือ

$$Q = \left\{3.4788 \times \left(7.77 \times 10^{-3}\left(D_1 - 7\right) + 0.62\right)\right\} \times D_2^{\,2} \sqrt{H} \times \left(10^6 \times 60\right)$$

โดย Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (cm^3/min)

D_1 , D_2 คือ ขนาดออริฟิซ (mm,m ตามลำดับ)

H คือ ความดันของน้ำ (m of water)

จากข้อมูลการทดลองจะได้สมการปริมาณการดึงอากาศภายใต้สุญญากาศต่างๆและขนาดออริฟิชต่างๆ ดังนี้จึงนำมาวิเคราะห์กับข้อมูลที่ได้จากโรงงานซึ่งทางโรงงานได้ใช้นอตเชิลขนาด 32 mm ภายในตัวเจ็ทคอนเดนเซอร์และจากการเก็บข้อมูลการเดี่ยวน้ำเชื่อมจะได้ค่าสุญญากาศของหม้อเดี่ยวเป็น 660 mm.Hg. ดังนั้นจะได้ปริมาณการดึงอากาศต่อหนึ่งหัวนอตเชิลตามสมการ 4.3 ปริมาณการดึงอากาศภายใต้สภาวะสุญญากาศ(Vacuum)ต่างๆดังนี้

$$Q = 1{,}000 \times (D - 7)) + \{-8.5(H - 100) + 6450\}$$

โดย Q คือ อัตราการดึงปริมาณอากาศ (cm^3/30 s)

D คือ ขนาดออริฟิช (mm.)

H คือ สุญญากาศ(Vacuum) (mm.Hg.)

แทนค่าจะได้ $Q = 1000 \times (32 - 7)) + \{-8.5(660 - 100) + 6450\}$

$= 26{,}690/30$

$= 53{,}380$ cm^3/min ต่อ 1 หัว

ดังนั้น จำนวนหัวของหัวฉีด(Nozzle)ไนเจ็ทคอนเดนเซอร์ของหม้อปริมาตร 100 m^3 ที่ขนาดหัวฉีด(Nozzle) 32 mm. หาได้จากสมการ

$$N = \frac{Q}{q}$$

โดยที่ Q คือ อัตราการไหลของอากาศทั้งหมดของหม้อเดี่ยว (cm^3/min)

q คือ อัตราการไหลของอากาศต่อหัวหัวฉีด(Nozzle) (cm^3/min)

แทนค่า จะได้ $N = \frac{972{,}082.707}{53{,}380}$

$= 18.21$ หัว

$= 19$ หัว

ดังนั้นจำนวนหัวของหัวฉีด(Nozzle)ในเจ็ทคอนเดนเซอร์ของหม้อ 100 m^3 ที่เหมาะสมคือ 19 หัวและจะต้องใช้ปริมาณน้ำเท่าไรจึงทำการคำนวณจากสมการที่ 4.2 การหาปริมาณน้ำที่ได้ดังนี้

$$Q = \left\{3.4788 \times \left(7.77 \times 10^{-3}(D_1 - 7) + 0.62\right)\right\} \times D_2{}^2 \sqrt{H} \times \left(10^6 \times 60\right)$$

โดยที่ Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (cm^3/min)

D_1 , D_2 คือ ขนาดออริฟิช (mm,m ตามลำดับ)

H คือ ความดันของน้ำ (m of water)

แทนค่าจะได้

$$Q = \left\{3.4788 \times \left(7.77 \times 10^{-3}(32-7) + 0.62\right)\right\} \times 0.032^2 \sqrt{5} \times \left(10^6 \times 60\right)$$

$$= 389{,}239.38 \quad cm^3/min \quad \text{ต่อ 1 หัวหัวฉีด(Nozzle)}$$

$$= 0.389 \quad m^3/min \quad \text{ต่อ 1 หัวหัวฉีด(Nozzle)}$$

$\therefore$ 19 หัว จะต้องใช้ปริมาณน้ำ $= 19 \times 389{,}239.38 \quad cm^3/min$

$$= 7{,}395{,}548.22 \quad cm^3/min$$

$$= 7.395 \quad m^3/min$$

ซึ่งปัจจุบันทางบริษัทน้ำตาลเกษตรไทย จำกัด ในส่วนของแผนกหม้อเคี่ยวที่ขนาดปริมาตร 100 m^3(A5) มีจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle) 24 หัว ภายในตัวเจ็ทคอนเดนเซอร์ ดังนั้น

ต้องใช้ปริมาณน้ำ $= 24 \times 389{,}239.38 \quad cm^3/min$

$$= 9{,}341{,}745.12 \quad cm^3/min$$

$$= 9.342 \quad m^3/min$$

ดังนั้นจากการทดลองจะพบว่าจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle)ที่เหมาะสมของหม้อ 100 m^3(A5) เป็น 19 หัวแต่ทางโรงงานใช้ 24 หัว ดังนั้นจะสามารถลดปริมาณน้ำที่ใช้ได้

$$= 9{,}341{,}745.12 - 7{,}395{,}548.22 \quad cm^3/min$$

$$= 1{,}946{,}196.9 \quad cm^3/min$$

$$= 1.946 \quad m^3/min$$

หรือคิดเป็น 2,802.52 m^3 ต่อวัน

จากการที่ลดจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle)ได้ 5 หัวนั้นแล้วประสิทธิภาพของตัวเจ็ทคอนเดนเซอร์จะเป็นอย่างไรดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์ว่าประสิทธิภาพของเจ็ทคอนเดนเซอร์จากทฤษฎีประสิทธิภาพของเจ็ทคอนเดนเซอร์ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่า Approach Temperature คือ ความแตกต่างระหว่าง อุณหภูมิไอน้ำกับอุณหภูมิของน้ำที่ทางออก (t_v-t_2) ซึ่งค่าที่เหมาะสมอยู่ที่ 5-7 ^0C เนื่องจากการเก็บข้อมูลของหม้อเคี่ยว 100 m^3(A5) ของโรงงานจะได้

ประสิทธิภาพของ เจ็ทคอนเดนเซอร์ $= 51.41\text{-}41.1 \quad ^0C$

$$= 10.31 \quad ^0C$$

จากการคำนวณประสิทธิภาพของเจ็ทคอนเดนเซอร์พบว่าค่า Approach Temperature มีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสมดังนั้นแสดงว่ามีการใช้ปริมาณน้ำที่มากเกินไปจึงทำให้ประสิทธิภาพของเจ็ตคอนเดนเซอร์ต่ำ แ ละจากการลดจำนวนหัวหัวฉีด(Nozzle)ยังส่งผลให้มีการลดกำลังจากการใช้ปั๊มน้ำเข้าเจ็ทคอนเดนเซอร์และน้ำออกเจ็ทคอนเดนเซอร์ โดยพิจารณาจากสมการ ดังนี้

Power of pump

$$P = \left(\frac{HQ}{75\ \ell} \right)$$

โดยที่ P คือ กำลังของปั้ม (h. p.)

H คือ head of water (m)

Q คือ ปริมาณน้ำที่ต้องการ (l / s)

ℓ คือ ประสิทธิภาพของปั้ม (ซึ่งใช้ค่าประสิทธิภาพของปั้มเป็น 85%)

เนื่องจากผลการทดลองสามารถลดปริมาณน้ำที่เข้าเจ็ทคอนเดนเซอร์ได้ 1.946 m^3/min

แทนค่าในสมการ จะได้ $P = \frac{(25 \times 1.946 \times 1000)}{(75 \times 0.85 \times 60)}$

= 12.76 h.p.

เนื่องจาก (1 h.p .เท่ากับ 746 w.) จะได้ P = 12.76× 0.746

จะได้กำลังของปั้มน้ำลดลงได้เป็น 9.49 k.w..

และเนื่องจากข้อมูลของโรงงานปั้มน้ำทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่ลดลงจะเท่ากับ 227.76 kw-hr ต่อ 1ชุดเจ็ทคอนเดนเซอร์ แต่เนื่องจากทางโรงงานน้ำเกษตรไทย ได้ทำการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ทั้งภายในโรงงานและนอกโรงงานโดยผลิตกระแสไฟฟ้าจากกากอ้อย แต่เนื่องจากปัจจุบันทางโรงงานได้ทำการขายกากอ้อยให้กับโรงงานเยื่อกระดาษในราคาตันละ 580 บาท ซึ่งทางโรงงานมีอัตราการใช้ steam rate 10.25 kg/kw.hr ที่ 20 kg/cm^3ในการใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าคืออัตรากากอ้อยต่อการใช้ไอน้ำเป็น 1:2 และ 1 ฤดูการผลิตของโรงงานเป็น 120 วัน

ดังนั้นสามารถลดการใช้กากอ้อยได้โดยจะขายกากอ้อยคิดเป็นเงิน

มูลค่าจากการขายกากอ้อย = $\frac{(227.76 \times 10.25)}{(1{,}000 \times 2)} \times 120 \times 580$

= 81,241.992 บาท ต่อ 1 ชุดเจ็ทคอนเดนเซอร์

เนื่องจากการลดปริมาณน้ำเข้าสู่เจ็ทคอนเดนเซอร์ยังส่งผลให้สามารถลดปริมาณน้ำที่**ออกเจ็ทคอนเดนเซอร์ ได้ซึ่งพิจารณาปริมาณน้ำที่ออกจากเจ็ทคอนเดนเซอร์ จากปริมาณน้ำเข้าที่**ลดลง+ปริมาณไอน้ำที่ถูกควบแน่น

จะได้ปริมาณน้ำที่ออกจากเจ็ทคอนเดนเซอร์ = 1.946 + 0.992 m^3/min

= 2.939 m^3/min

ดังนั้นจะต้องใช้กำลังของปั้มที่ลดลง

$$P = \frac{(15 \times 2.939 \times 1000)}{(75 \times 0.85 \times 60)}.$$

$$= 11.53 \text{ h.p.}$$

$$= 8.59 \text{ kw.}$$

จากข้อมูลของโรงงานปั้มน้ำออกก็ทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่ลดลงเท่ากับ 206.35 kw-hr ต่อ 1 ชุดเจ็ทคอนเดนเซอร์

ดังนั้นสามารถลดการใช้กากอ้อยได้โดยได้นำไปขายเป็นเงิน

$$\text{มูลค่าจากการขายกากอ้อย} = \frac{(206.35 \times 10.25)}{(1{,}000 \times 2)} \times 120 \times 580$$

$$= 73{,}605.89 \text{ บาท ต่อ 1 ชุดเจ็ทคอนเดนเซอร์}$$

ดังนั้นจะลดการใช้กากอ้อยได้โดยขายกากอ้อยคิดเป็นเงินรวมทั้งหมดต่อ 1 ฤดูการผลิต ซึ่ง 1ฤดูการผลิตของโรงงานเป็น 120 วัน ดังนั้นจะได้เป็น 154,847.88 บาท ต่อ 1 ชุดเจ็ทคอนเดนเซอร์ และ จากข้อมูลโรงงานหม้อเดี่ยวที่ขนาดปริมาตร 100 m^3 มีจำนวน ชุดเจ็ทคอนเดนเซอร์ 16 ชุด ดังนั้นทางโรงงานจะขายกากอ้อยได้เป็นเงิน 2,477,566.08 บาท ต่อ 1 ฤดูการผลิต