บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

เนื่องจากขั้นตอนดำเนินการทดลองมีอยู่ 2 ขั้นตอนด้วยกัน ซึ่งผลการทดลองทั้ง 2 ส่วน ได้แสดงเอาไว้ในตารางที่ ค.1 ถึง ค.6 ในภาคผนวก ค ดังนั้นการวิเคราะห์ผลการทดลองจึงต้องแยกวิเคราะห์ทีละส่วน แล้วจึงนำมาสรุปผลรวมกันอีกครั้งในบทสุดท้าย การวิเคราะห์ผลการทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับความเร็วลม(v)

ข้อมูลในตาราง ค.1 จะถูกนำมาใช้คำนวณหาค่า h_w โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

ก) คำนวณหาปริมาณความร้อนที่แผ่นกระจกได้รับ , Q_{net}

เนื่องจาก Q_{net} มีค่าเท่ากับกำลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ฮีทเตอร์จ่ายความร้อนหลัก ดังนั้น

$$Q_{net} = VI \qquad .....(5.1)$$

ข) คำนวณหาปริมาณการแผ่รังสีความร้อนออกจากแผ่นกระจกไปยังแบบจำลองท้องฟ้า

ถึงแม้ว่าจะมีการให้ความร้อนแก่ผนังของแบบจำลองท้องฟ้า และมีการควบคุมอุณหภูมิที่ผนังให้เท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวของแผ่นกระจก ในทางปฏิบัติก็ย่อมมีความคลาดเคลื่อนไปได้บ้าง ดังจะเห็นได้จากค่าแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ $T_1,\ldots,T_8$ กับอุณหภูมิ $T_{10},\ldots,T_{18}$ ในตาราง ค.1 แสดงว่ายังคงมีการแผ่รังสีความร้อนบางส่วนออกจากแผ่นกระจกไปยังผนังของแบบจำลองท้องฟ้า ทำให้ต้องมีการคำนวณหาปริมาณความร้อนในส่วนนี้เพื่อนำไปหักออกจาก Q_{net} ที่เหลือก็จะเป็นปริมาณการพาความร้อนออกจากแผ่นกระจก ปริมาณการแผ่รังสีที่เกิดขึ้นนี้(Q_{rad})แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ

ข.1 ปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจากแผ่นกระจกไปยังผนังด้านบนของแบบจำลองท้องฟ้า , Q_{rt}

ข.2 ปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจากแผ่นกระจกไปยังผนังด้านข้างของแบบจำลองท้องฟ้า , Q_{rs}

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นผิว1 ไปยังพื้นผิว2 คือ

$$Q_{rad} = F_{A1-A2}\varepsilon\sigma A(T_g^4 - T_{sky}^4)$$

ดังนั้นสำหรับผนังด้านบนของแบบจำลองท้องฟ้า

$$Q_{rt} = F_{A1-A2}\varepsilon\sigma A(T_g^4 - T_{rt}^4) \qquad .....(5.2)$$

และผนังด้านข้างทั้งสองข้าง

$$Q_{rs} = F_{A1-A3}\varepsilon\sigma A(T_g^4 - T_{13}^4) + F_{A1-A4}\varepsilon\sigma A(T_g^4 - T_{14}^4) \qquad .....(5.3)$$

โดยที่ F_{A1-A2} เป็นค่าShape Factor จากแผ่นกระจกไปยังผนังด้านบนของแบบจำลองท้องฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.8768 (ดูรายละเอียดที่มาในภาคผนวก ข)

F_{A1-A3} และ F_{A1-A4} เป็นค่าShape Factor จากแผ่นกระจกไปยังผนังด้านข้างทั้งสองข้างของแบบจำลองท้องฟ้ามีค่าเท่ากันคือ 0.053

A คือพื้นที่ผิวของแผ่นกระจก มีค่าเท่ากับ 0.125 ตร.ม.

T_g คืออุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวของแผ่นกระจก $(T_1+T_2+T_3+T_4+T_5+T_6)/6$, K

T_{rt} คืออุณหภูมิเฉลี่ยที่ผนังด้านบนของแบบจำลองท้องฟ้า เท่ากับ $(T_{10}+T_{11}+T_{12})/3$, K

T_{13}และT_{14} คืออุณหภูมิที่ผนังด้านข้างทั้งสองด้านของแบบจำลองท้องฟ้า , K

ดังนั้นจะได้ว่า

$$Q_{rad} = Q_{rt} + Q_{rs} \qquad .....(5.4)$$

ค) <u>คำนวณหาปริมาณการพาความร้อนออกจากแผ่นกระจก</u> , Q_{conv}

$$Q_{conv} = Q_{net} - Q_{rad} \qquad .....(5.5)$$

ง) <u>คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน</u> , h_w

เนื่องจาก $Q_{conv} = h_w A(T_g - T_a)$; $T_a = T_7$

เพราะฉะนั้น

$$h_w = Q_{conv}/A(T_s-T_\infty) \qquad .....(5.6)$$

สมการที่(5.6) เป็นสมการที่ใช้คำนวณค่าh_w สำหรับแต่ละชุดข้อมูล ดังนั้นสำหรับข้อมูลของผลการทดลองในตาราง ค.1 ก็จะสามารถคำนวณหาค่าh_wที่แต่ละค่าของความเร็วลมได้

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าh_wกับความเร็วลม(v) ที่ได้จากการทดลองนี้กับสมการของผู้วิจัยท่านอื่น ได้แก่สมการที่ (2.53),(2.54),(2.55)และ(2.56) จึงทำการคำนวณค่าh_wจากสมการทั้งสี่สมการ โดยใช้ข้อมูลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

5.1.1 <u>การคำนวณหาค่าh_wจากสมการที่ (2.53)</u>

สมการที่(2.53) เป็นสมการของ Pohlhausen ซึ่งมีรูปสมการคือ

$$Nu = 0.664Pr^{1/3}Re^{1/2} \qquad .....(5.7)$$

โดยที่ $Nu = h_wL/k_\infty$, $Pr = Cp_\infty\mu_\infty/k_\infty$, $Re = \rho_\infty vL/\mu_\infty$

L คือ Characteristic Length ของแผ่นกระจก มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยระหว่างด้านกว้างและด้านยาวของกระจก = (0.25+0.5)/2 = 0.375 m .

คุณสมบัติของอากาศ จะหาได้จากตาราง ก. ในภาคผนวก ก โดยใช้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง T_s กับ T_∞ เรียกอุณหภูมินี้ว่า Film Temperature. เมื่อแทนค่าคุณสมบัติของอากาศ (ที่ได้จากการInterpolateค่าในตาราง ก. ที่ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยดังกล่าว) ทุกตัวลงในสมการที่ (5.7) ก็จะได้ค่า h_w ของข้อมูลชุดนั้นๆ

5.1.2 <u>การคำนวณหาค่าh_wจากสมการที่ (2.54)และ(2.55)</u>

สมการที่(2.54)และ(2.55)เป็นสมการการคาดคะเนค่าh_w โดยมีความเร็วลมเป็นตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวในสมการ โดยเฉพาะสมการที่ (2.54)เป็นสมการที่ยอมรับในการเอาไปใช้คำนวณหาค่าh_wที่เกิดขึ้นบนแผ่นกระจกปิดหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์มากสมการหนึ่ง สมการทั้งสองมีรูปสมการดังนี้

สมการของ McAdums ; $h_w = 5.7 + 3.8v$ .....(5.8)

สมการของ Watmuff ; $h_w = 2.8 + 3.0v$ .....(5.9)

โดยที่ v คือความเร็วลมเฉลี่ยที่ผ่านแผ่นกระจก เท่ากับ $(v_1+v_2+v_3)/3$

5.1.3 <u>การคำนวณหาค่าh_wจากสมการที่ (2.56)</u>

สมการที่(2.56) เป็นสมการของSparrow ที่ได้รวมเอาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่า h_w ได้แก่ ความเร็วลมและความยาวของแผ่นราบ(Plate Characteristic Length) เข้าไว้ในสมการเดียวกัน อีกทั้งยังใช้ได้ในกรณีที่แผ่นราบวางทำมุมเอียงแนวราบได้อีกด้วย ทำให้สมการที่(2.56) สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแผงรับแสงอาทิตย์ได้เหมาะสมมากกว่าสมการของผู้วิจัยท่านอื่น ดังนั้นสมการของSparrowจึงถือว่าเป็นสมการอ้างอิงและเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยนี้ เพื่อให้ได้สมการสำหรับคาดคะเนค่าh_wที่ใช้ได้กับแผงรับแสงอาทิตย์อย่างเหมาะสมและถูกต้องยิ่งขึ้นต่อไป สมการที่(2.56)มีรูปสมการคือ

$$j = 0.931Re^{-1/2} \quad ....(5.10)$$

โดยที่

$Re = \rho_a vS/\mu_a$

S = ความยาวเฉลี่ยระหว่างด้านกว้างและด้านยาวของแผ่นกระจกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า , m

$j = (h_w/\rho_a Cp_a v)Pr^{2/3}$ (เรียกว่า "j-Factor")

ดังนั้น

$$h_w = (0.931/Pr^{2/3})(\rho_a Cp_a v/Re^{1/2}) \quad ...(5.11)$$

ตัวอย่างการคำนวณจะใช้ข้อมูลชุดแรกในตาราง ค.1 ในภาคผนวก ค ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลดังนี้

v_1= 3.2 v_2= 3.0 v_3= 2.9 V=49.8 I=0.30 T_1= 38.3
T_2= 39.3 T_3= 38.4 T_4= 37.7 T_5= 39.2 T_6= 39.2 T_7= 32.1
T_8= 42.5 T_9= 42.6 T_{10}= 36.5 T_{11}= 38.7 T_{12}= 37.9 T_{13}= 37.7
T_{14}= 39.2 T_{15}= 45.4 T_{16}= 38.8

ขั้นตอนการคำนวณจะเป็นดังต่อไปนี้

จากสมการที่ (5.1) $Q_{net} = VI$

$= 49.8 \times 0.30 = 14.94$ W

$T_g = (T_1+T_2+T_3+T_4+T_5+T_6)/6$

$= (38.3+39.3+38.4+37.7+39.2+39.2)/6$

$= 38.68$ C

$T_{rt} = (T_{10}+T_{11}+T_{12})/3$

$= (36.5+38.7+37.9)/3$

$= 37.7$ C

แทนค่า T_g , T_{rt} ลงในสมการที่ (5.2)และ(5.3) จะได้ว่า

$$Q_{rt} = 0.8768 \times 0.94 \times 5.6697 \times 10^{-8} \times 0.125 (T_g^4 - T_{rt}^4)$$

$= 0.69$ W

และ

$$Q_{rm} = 0.053 \times 0.94 \times 5.6697 \times 10^{-8} \times 0.125 [(T_g^4 - T_{13}^4) + (T_g^4 - T_{14}^4)]$$

$Q_{rm} = 0.02$ W

ดังนั้น

$Q_{RAD} = Q_{rt} + Q_{rm}$

$= 0.69 + 0.02 = 0.71$ W

จากสมการที่ (5.5) จะได้ว่า

$Q_{conv} = Q_{net} - Q_{RAD}$

$= 14.94 - 0.71 = 14.23$ W

แทนค่า Q_{conv} , T_g , T_7 ลงในสมการที่ (5.6) จะได้ว่า

$\Delta T = 38.68 - 32.10 = 6.58$ C

$h_w = 14.23/(0.125 \times 6.58)$

$= 17.29$ W/m^2-C

ความเร็วลมเฉลี่ย , v $= (3.2+3.0+2.9)/3 = 3.03$ m/s

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างแผ่นกระจกกับอากาศหรือFilm Temperature = $(T_s + T_\infty)/2$

= (38.68+32.10)/2 = 35.39 C

จากตาราง ก. ในภาคผนวก ก โดยวิธีInterpolation ที่อุณหภูมิ 35.39 C จะได้คุณสมบัติต่างๆของอากาศที่อุณหภูมิดังกล่าวดังต่อไปนี้

$$\rho_a = (35.39-20)(1.127-1.204)/(40-20) + 1.204$$
$$= 1.145 \quad kg/m^3$$

$$Cp_a = (35.39-20)(1007-1006)/(40-20) + 1006$$
$$= 1006.77 \quad J/kg-K$$

$$k_a = (35.39-20)(0.0272-0.0257)/(40-20) + 0.0257$$
$$= 0.0269 \quad W/m-K$$

$$\mu_a = (35.39-20)(1.90\times10^{-5}-1.81\times10^{-5})/(40-20) + 1.81\times10^{-5}$$
$$= 1.88\times10^{-5} \quad kg/m-s$$

แทนค่าคุณสมบัติของอากาศที่ได้นี้ ลงในสมการที่(5.7) จะได้ว่า

$$Pr = 1006.77\times1.88\times10^{-5}/0.0269 = 0.7045$$

$$Re = 1.145\times3.03\times0.375/1.88\times10^{-5} = 69300$$

$$Nu = 0.664\times0.7045^{1/3}\times69300^{1/2} = 155.53$$

เพราะฉะนั้น

$$h_w = Nuk_a/L = 155.53\times0.0269/0.5$$
$$= 8.35 \quad W/m^2-C$$

เมื่อแทนค่า v ลงในสมการที่(5.8)และสมการที่(5.9) จะได้ค่าh_w ดังนี้

จากสมการของMcAdums	h_w = 5.7+3.8x3.03	= 17.23	W/m^2-C
จากสมการของWatmuff	h_w = 2.8+3.0x3.03	= 11.90	W/m^2-C
จากสมการของSparrow	$j = 0.931\times69300^{-1/2}$	$= 3.54\times10^{-3}$	
เนื่องจาก	$h_w = j(\rho_a Cp_a v)/Pr^{2/3}$		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้น

$$h_w = 3.54\times10^{-3}(1.145\times1006.77\times3.03)/.7045^{2/3}$$
$$= 15.62 \ W/m^2\text{-}C$$

สำหรับการทดลองนี้ จะหาค่าj-Factorของผลการทดลองนี้ได้จากสมการที่ (5.10)

$$J_{exp} = (h_w/\rho_a Cp_a v)Pr^{2/3}$$
$$= 17.29\times0.7045^{2/3}/(1.145\times1006.77\times3.03)$$
$$= 3.92\times10^{-3}$$

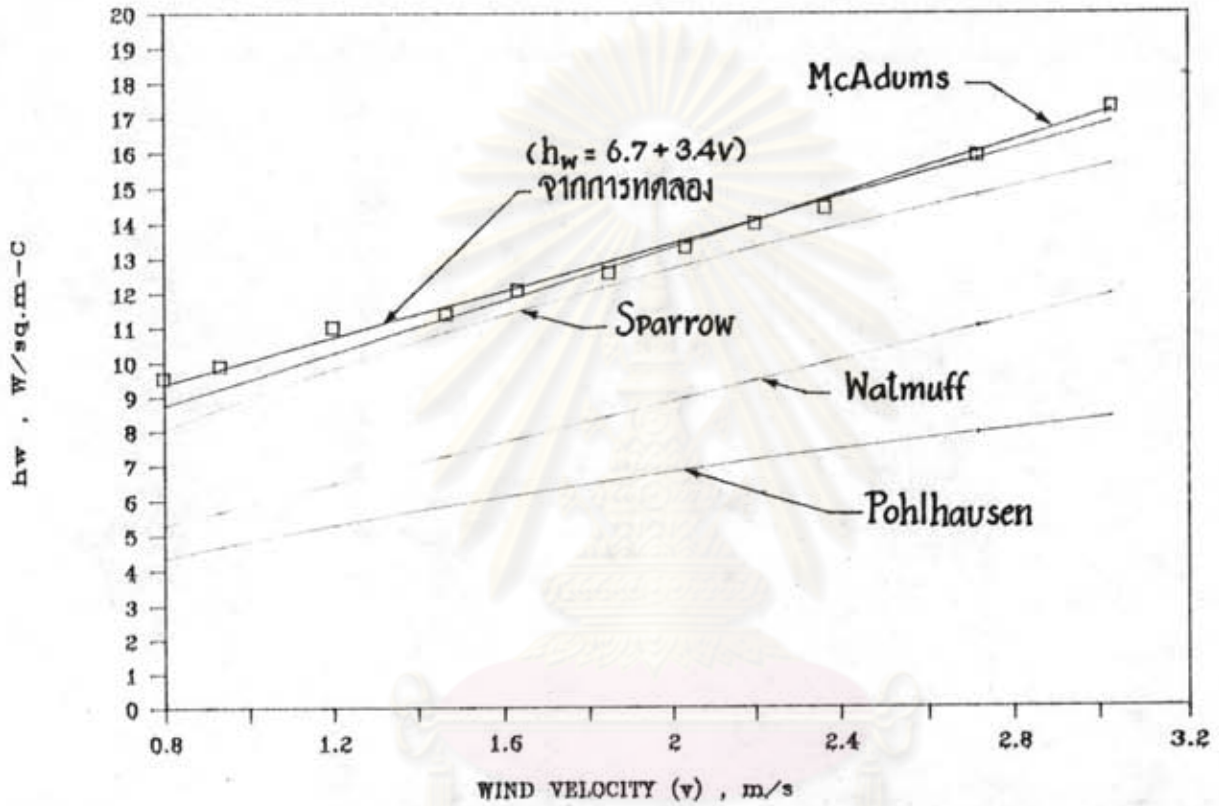
ทำนองเดียวกัน สำหรับข้อมูลชุดอื่นๆจากตาราง ค.1 ในภาคผนวก ค จะได้ผลการคำนวณหาค่าh_wที่แต่ละความเร็วลม ดังแสดงเอาไว้ในตารางที่ 5.1และตารางที่ 5.2 สำหรับคุณสมบัติของอากาศที่คำนวณได้นั้น ได้แสดงเอาไว้ในตารางที่ ค.7 ในภาคผนวก ค

ตารางที่ 5.1

ผลการคำนวณหาค่าh_wกับความเร็วลม(v) โดยข้อมูลจากตาราง ค.1

ข้อมูลชุดที่	ความเร็วลม v , m/s	h_w , W/m^2-C				
		ทดลอง	Pohlh.	McAdums	Watmuff	Sparrow
1	3.03	17.29	8.35	17.23	11.90	15.62
2	2.72	15.90	7.90	16.02	10.95	14.77
3	2.37	14.43	7.38	14.69	9.90	13.79
4	2.20	13.99	7.11	14.06	9.40	13.29
5	2.03	13.32	6.84	13.43	8.90	12.78
6	1.85	12.58	6.52	12.73	8.35	12.19
7	1.63	12.10	6.13	11.91	7.70	11.45
8	1.47	11.40	5.80	11.27	7.20	10.85
9	1.20	11.02	5.25	10.26	6.40	9.81
10	0.93	9.91	4.63	9.25	5.60	8.65
11	0.80	9.55	4.29	8.74	5.20	8.01

ตารางที่ 5.1 นี้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าh_wกับv ในขณะที่กระจกได้รับปริมาณความร้อนเท่ากับ 14.94 W จากการทดลองจะพบว่าค่าReynold Numberสูงสุดเท่ากับ 6.93×10^{4}ซึ่งไม่เกิน5×10^{5} แสดงว่าการไหลของอากาศอยู่ในช่วงลามินาร์(Laminar Flow) ตลอดการทดลอง ซึ่งเมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าh_wกับv เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับสมการที่ (5.7),(5.8),(5.9),(5.10) จะได้กราฟดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าh_wกับความเร็วลม(v)ที่ได้จากการทดลอง

จากกราฟรูปที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าค่าh_wที่ได้จากผลการทดลองนี้จะใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากสมการของMcAdumsและSparrow ซึ่งเป็นกลุ่มสมการที่ได้รับการยอมรับว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมเพียงพอในการคำนวณหาค่าh_wที่แต่ละค่าความเร็วลมที่พัดผ่านแผ่นราบ แต่ว่าเป็นความสัมพันธ์เมื่อความยาวของแผ่นราบเท่ากับ 0.5 เมตรเท่านั้น สำหรับแผงรับแสงอาทิตย์โดยทั่วไปนั้นมีความยาวของด้านยาวมากกว่า 0.5 เมตร ดังนั้นสมการของMcAdumsจึงจะไม่นำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ความยาวของแผ่นราบค่าอื่นๆ ทั้งนี้เพราะว่าสมการของMcAdums ไม่ได้รวมเอาตัวแปรความยาวของแผ่นราบเอาไว้ในสมการด้วย และเมื่อนำข้อมูลในตาราง ค.1 มาคำนวณหาค่าj-Factorและค่าh_w ที่ได้จากการทดลองและจากสมการของSparrowแล้ว พบว่ามีค่าดังแสดงเอาไว้ในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2

ผลการคำนวณหาค่า h_w กับค่า j-Factor โดยข้อมูลจากตาราง ค.1

ข้อมูลชุดที่	ความเร็วลม v , m/s	Re x10^{-4}	จากการทดลอง		Sparrow	
			h_w	j-Factor x 10^{-3}	j-Factor x 10^{-3}	h_w
1	3.03	6.93	17.29	3.92	3.54	15.62
2	2.72	6.16	15.90	4.04	3.75	14.77
3	2.37	5.35	14.43	4.21	4.02	13.79
4	2.20	4.97	13.99	4.39	4.18	13.29
5	2.03	4.59	13.32	4.53	4.35	12.78
6	1.85	4.17	12.58	4.71	4.56	12.19
7	1.63	3.67	12.10	5.13	4.86	11.45
8	1.47	3.29	11.40	5.39	5.13	10.85
9	1.20	2.68	11.02	6.38	5.68	9.81
10	0.93	2.08	9.91	7.39	6.45	8.65
11	0.80	1.78	9.55	8.32	6.98	8.01

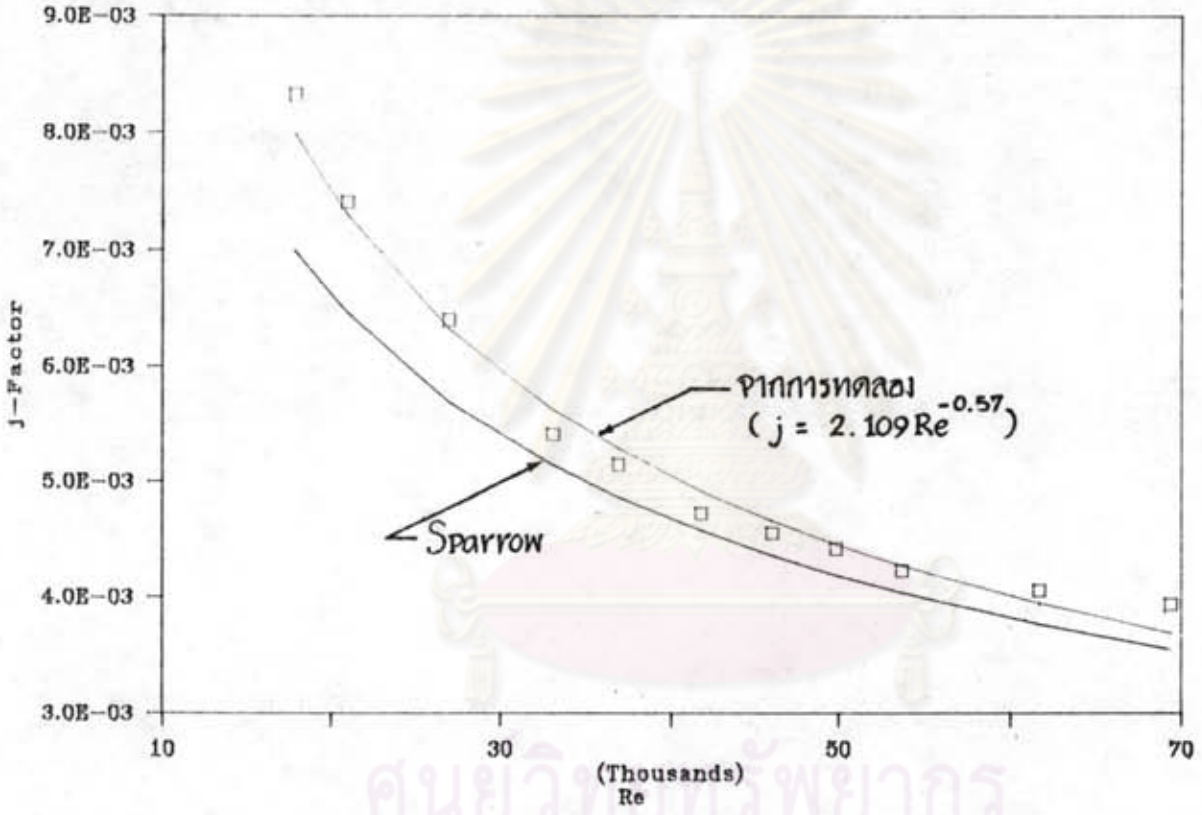
เมื่อนำข้อมูลของค่างกับRe มาทำการFit Curveด้วยวิธีLeast Sqaure โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ที่เขียนขึ้นด้วยภาษาแอปเปิ้ลซอร์ฟเบสิค(Applesoft Basic) โดยPaul K.Warme ซึ่งสามารถทำการFit Curveข้อมูล แล้วประเมินผลออกมาเป็นรูปสมการเชิงเส้น(Linear), เอ็กซ์โปเนนเชียล(Exponential), จีโอเมตริก(Geometric)และโพลีโนเมียล(Polynomial) แล้วเลือกสมการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลนั้นๆ โดยการพิจารณาที่ค่า Coefficient of Correlationที่ได้จากแต่ละสมการ พิจารณาเลือกสมการที่ให้ค่าดังกล่าวเข้าใกล้หนึ่งมากที่สุด(รายละเอียดของโปรแกรมนี้ ในส่วนที่เป็นภาษาเบสิกได้แสดงเอาไว้ในภาคผนวก ง) ผลการFit Curveข้อมูลโดยโปรแกรมดังกล่าว ได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่างกับRe ที่ได้จากการทดลองนี้ ในรูปของสมการจีโอเมตริก ซึ่งมีรูปสมการดังนี้คือ

$$j = 2.109Re^{-0.57} \quad \ldots.(5.12)$$

โดยที่ ค่าCoefficient of Correlation = 0.9903

ค่าStandard Error of Estimate = 0.0368

เมื่อนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างค่าjกับRe ที่ได้จากการทดลองและจากสมการที่(5.10)ของ Sparrowในช่วงความเร็วเดียวกัน มาเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน จะได้กราฟดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าj-Factorกับค่าRe ที่ได้จากการทดลองและได้จากสมการของSparrow

จากกราฟรูปที่ 5.2 พบว่าค่าj-Factorที่ได้จากสมการที่ (5.12) จะมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากสมการที่ (5.10)เล็กน้อย โดยจะมีค่าแตกต่างกันมากขึ้นที่ความเร็วลมต่ำๆทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากในขณะทำการทดลองที่ความเร็วลมต่ำการพาความร้อนแบบอิสระจะมีอิทธิพลมากขึ้น ทำให้การพาความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะนั้นเป็นทั้งแบบอิสระและแบบบังคับ จึงมีผลทำให้ค่าh_wมีค่ามากขึ้นได้

ทำนองเดียวกันสำหรับข้อมูลจากตาราง ค.2 ในภาคผนวก ค (ซึ่งได้จากการทดลอง

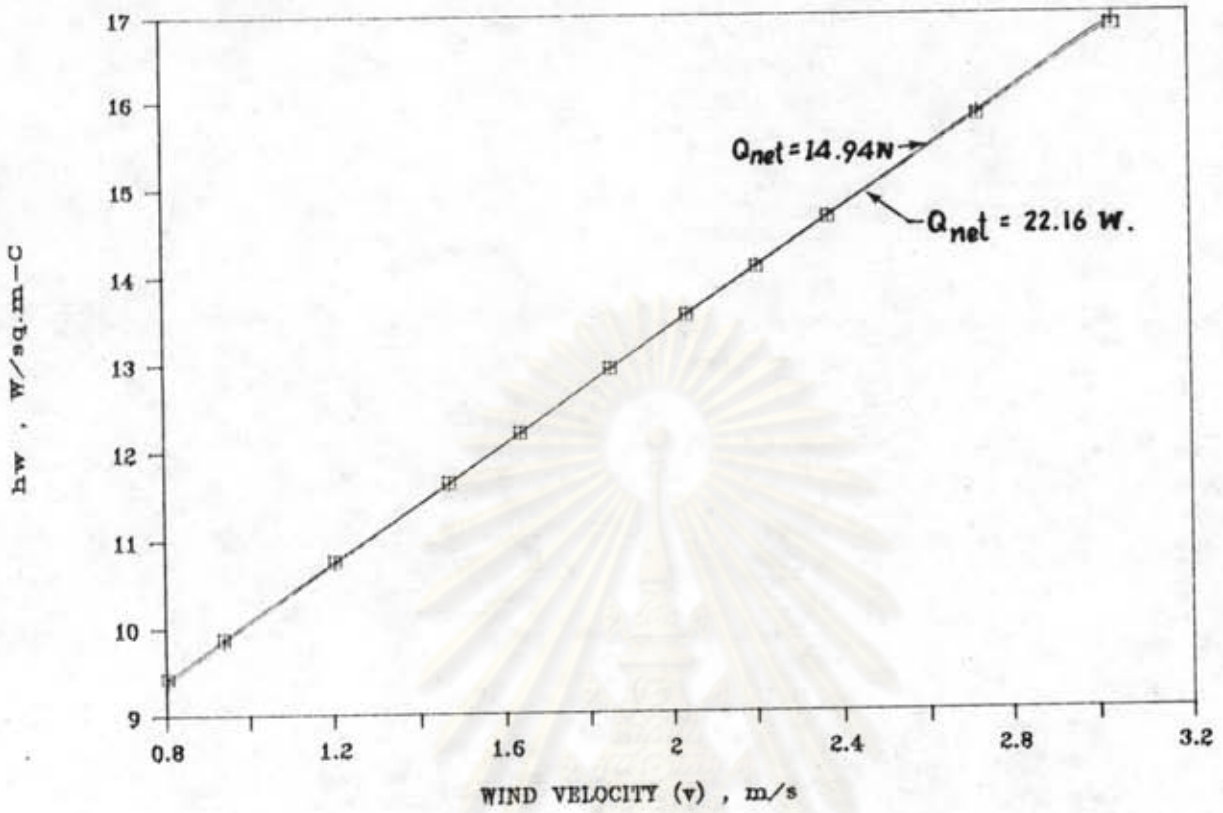
โดยที่แผ่นกระจกได้รับปริมาณความร้อนเพิ่มเป็น 22.16 W) โดยขั้นตอนการคำนวณเช่นเดียวกับข้างต้น จะได้ผลการคำนวณ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3

ผลการคำนวณหาค่า h_w กับค่า j-Factor โดยข้อมูลจากตาราง ค.2

ข้อมูลชุดที่	ความเร็วลม v , m/s	Re $x10^{-4}$	จากการทดลอง		Sparrow	
			h_w	j-Factor $x 10^{-3}$	j-Factor $x 10^{-3}$	h_w
1	3.03	6.58	17.46	3.96	3.63	16.00
2	2.72	5.81	15.46	3.94	3.86	15.17
3	2.37	5.06	14.64	4.28	4.14	14.16
4	2.20	4.69	13.83	4.36	4.30	13.66
5	2.03	4.32	13.83	4.58	4.48	13.14
6	1.85	3.91	12.59	4.73	4.71	12.54
7	1.63	3.45	12.03	5.12	5.02	11.78
8	1.47	3.08	11.47	5.45	5.31	11.17
9	1.20	2.50	11.01	6.40	5.88	10.11
10	0.93	1.94	10.06	7.54	6.69	8.93
11	0.80	1.65	9.50	8.33	7.25	8.27

ผลการคำนวณในตารางที่ 5.2 ได้มาจากการทดลองโดยที่แผ่นกระจกได้รับปริมาณความร้อนเป็น 14.94 W ในขณะที่ผลการคำนวณในตารางที่ 5.3 ได้จากการที่แผ่นกระจกได้รับปริมาณความร้อนเพิ่มเป็น 22.16 W ทำให้ค่า ΔT มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำค่า h_w ที่ได้จากการทดลองในตารางที่ (5.2)และ(5.3) มาเขียนกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์กับค่าความเร็วลม(v) ได้กราฟดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับความเร็วลม(v) โดยที่แผ่นกระจกได้รับปริมาณความร้อนเป็น 14.94 และ 22.16 W ตามลำดับ

จากกราฟรูปที่ 5.3 จะเห็นว่าค่า h_w ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในขณะที่แผ่นกระจกได้รับปริมาณความร้อนที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงถือว่าผลการทดลองที่ได้นี้ มีความถูกต้องและใช้ได้สำหรับปริมาณความร้อนค่าอื่นๆที่แผ่นกระจกได้รับ

5.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า h_w กับมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์

ตารางที่ ค.3,ค.4,ค.5,ค.6 เป็นตารางแสดงผลจากการทดลองที่มุมเอียงเท่ากับ 5,10 ,15,20 องศาตามลำดับ โดยอาศัยวิธีการคำนวณในหัวข้อที่ 5.1 มาคำนวณหาค่า h_w และค่า J จากตารางทั้ง 4 ตาราง จะได้ผลการคำนวณดังแสดงเอาไว้ในตารางที่ 5.4,5.5,5.6และ5.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.4

ผลการคำนวณค่า h_w เมื่อมุมเอียงของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับ 5 องศา

ข้อมูลชุดที่	ความเร็วลม v , m/s	Re x10^4	จากการทดลอง		Sparrow	
			h_w	j-Factor x 10^{-3}	j-Factor x 10^{-3}	h_w
1	2.72	6.16	16.00	4.06	3.75	14.77
2	2.20	4.97	13.98	4.39	4.18	13.29
3	1.85	4.17	12.67	4.74	4.56	12.19
4	1.47	3.30	11.39	5.38	5.13	10.85
5	1.20	2.70	11.09	6.41	5.67	9.82
6	0.93	2.09	9.98	7.42	6.44	8.66
7	0.80	1.79	9.63	8.37	6.96	8.01

ตารางที่ 5.5

ผลการคำนวณค่า h_w เมื่อมุมเอียงของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับ 10 องศา

ข้อมูลชุดที่	ความเร็วลม v , m/s	Re x10^4	จากการทดลอง		Sparrow	
			h_w	j-Factor x 10^{-3}	j-Factor x 10^{-3}	h_w
1	2.72	6.17	16.02	4.07	3.75	14.78
2	2.20	4.97	14.02	4.41	4.18	13.29
3	1.85	4.17	12.68	4.74	4.56	12.19
4	1.47	3.30	11.40	5.39	5.13	10.85
5	1.20	2.70	11.11	6.42	5.67	9.82
6	0.93	2.09	9.93	7.39	6.44	8.66
7	0.80	1.79	9.59	8.34	6.96	8.01

ตารางที่ 5.6

ผลการคำนวณค่า h_w เมื่อมุมเอียงของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับ 15 องศา

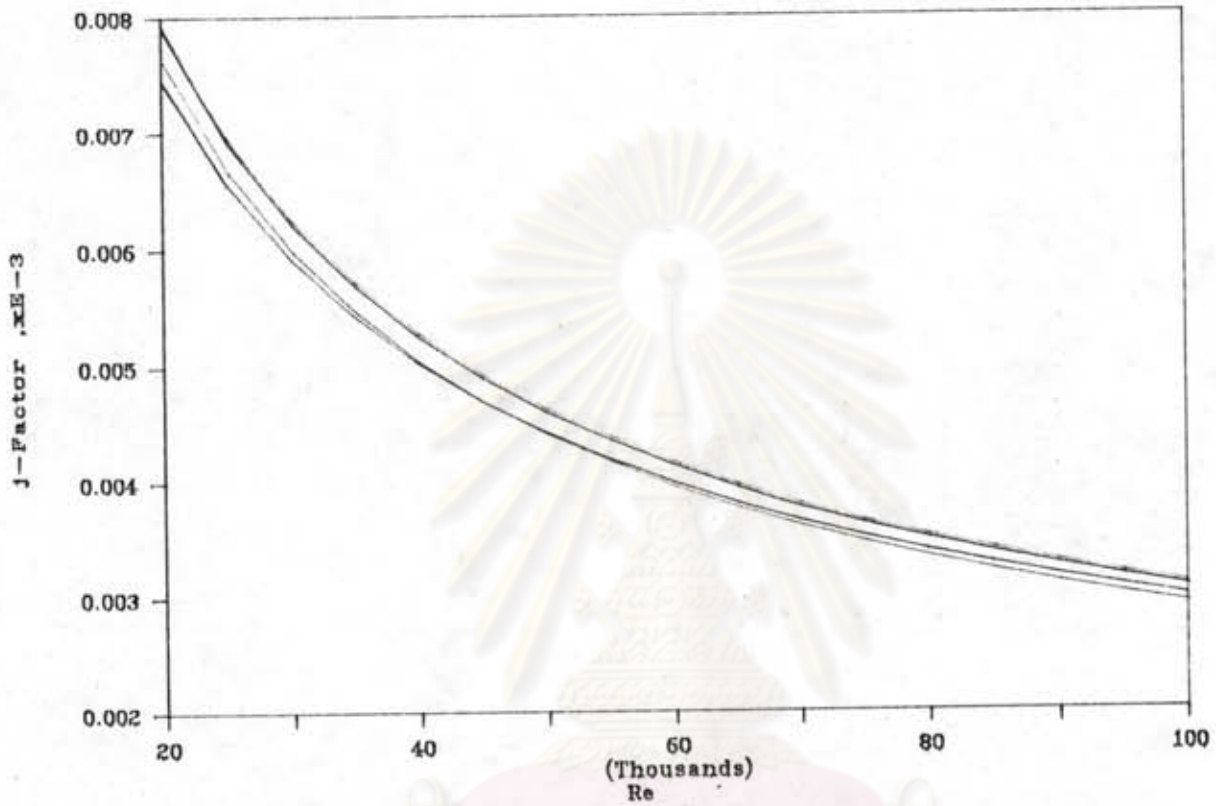
ข้อมูลชุดที่	ความเร็วลม v , m/s	Re $x10^4$	จากการทดลอง		Sparrow	
			h_w	j-Factor $x\ 10^{-3}$	j-Factor $x\ 10^{-3}$	h_w
1	2.75	6.24	15.91	3.99	3.73	14.87
2	2.23	5.05	14.08	4.35	4.14	13.39
3	1.90	4.28	12.71	4.63	4.50	12.35
4	1.50	3.37	11.40	5.26	5.07	10.97
5	1.20	2.69	11.08	6.40	5.67	9.82
6	0.93	2.09	9.95	7.41	6.44	8.66
7	0.83	1.86	9.58	8.00	6.82	8.18

ตารางที่ 5.7

ผลการคำนวณค่า h_w เมื่อมุมเอียงของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับ 20 องศา

ข้อมูลชุดที่	ความเร็วลม v , m/s	Re $x10^4$	จากการทดลอง		Sparrow	
			h_w	j-Factor $x\ 10^{-3}$	j-Factor $x\ 10^{-3}$	h_w
1	2.75	6.25	16.01	4.01	3.72	14.87
2	2.23	5.06	14.03	4.34	4.14	13.40
3	1.90	4.29	12.79	4.66	4.50	12.35
4	1.50	3.38	11.57	5.34	5.06	10.98
5	1.20	2.70	11.10	6.41	5.66	9.82
6	0.93	2.09	9.98	7.43	6.44	8.66
7	0.83	1.86	9.64	8.04	6.82	8.18

เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างค่าj-FactorกับRe ที่ได้จากตารางที่ 5.2,5.4,5.5,5.6 และ5.7 มาเขียนกราฟ เพื่อวิเคราะห์หาอิทธิพลของมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีต่อค่าh_w จะได้กราฟดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าj-Factorกับ Re เมื่อแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์วางทำมุมเอียง 0, 5, 10, 15, 20 องศากับแนวราบ

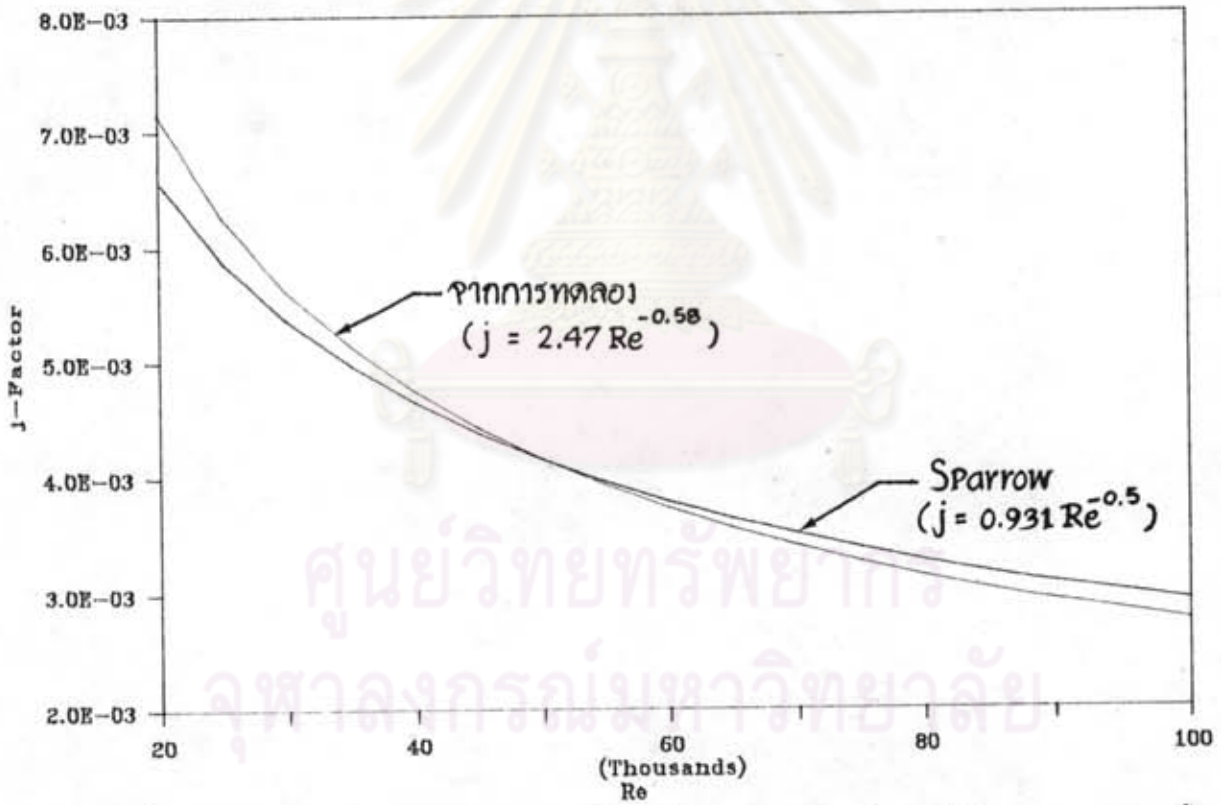
จากกราฟรูปที่ 5.4 จะเห็นว่ามุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ไม่มีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ระหว่างค่าj-Factorกับค่าRe กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือที่ความเร็วลมคงที่ค่าหนึ่งนั้น ค่าh_w จะมีค่าคงที่สำหรับทุกมุมเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 20 องศา

เพื่อที่จะหาสมการสำหรับคาดคะเนค่าh_w ที่ได้จากการทดลองนี้จึงนำเอาค่าj-Factor และค่าRe ที่ได้จากการทดลองที่มุมเอียงของแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์เท่ากับ 0 , 5 , 10 , 15 , 20 องศาจากตารางที่ 5.2,5.4,5.5,5.6,5.7 มารวมกันเป็นข้อมูลชุดเดียวกันแล้วทำการFit Curve ด้วยวิธีLeast Square โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป[10] สุดท้ายก็จะได้สมการสำหรับคาดคะเนค่าh_wที่เกิดขึ้นบนแผ่นกระจกปิดหน้าของแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งมีรูปสมการดังต่อไปนี้คือ

$$j = 2.47Re^{-0.5\theta} \qquad \ldots.(5.13)$$

โดยที่ $h_w = j(\rho_\infty Cp_\infty v)/Pr^{2/3}$

สมการที่ (5.13) เป็นสมการจากการทดลอง ที่วิเคราะห์ตามแนวทางของการวิจัยของSparrow ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการวิจัยของSparrow ได้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้สมการที่ได้จากการทดลองกับแผงรับแสงอาทิตย์อย่างชัดเจน รวมทั้งได้มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อได้เปรียบที่มีต่อสมการของMcAdumsอย่างมีเหตุผลและถูกต้อง(ดูรายละเอียดในหัวข้อที่ 1.2 ในบทที่ 1) ทำให้การวิจัยของSparrow เป็นการวิจัยที่สมควรที่สุดที่จะนำมาเป็นแนวทางและเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองนี้ เมื่อนำเอาสมการที่ (5.13) และ สมการที่ (5.10)มาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ในช่วงของค่าReynold Number ตั้งแต่ 20000 ถึง 100000 จะได้กราฟดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าj-FactorกับRe ที่ได้จากการทดลองนี้กับสมการของSparrow

จากกราฟรูปที่ 5.5 จะเห็นว่าผลที่ได้จากสมการที่(5.13)นี้นั้น จะมีค่าสูงกว่าผลที่ได้จากสมการของSparrowเล็กน้อยในช่วงของค่าReynold Numberต่ำๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากอิทธิพล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ของการพาความร้อนแบบอิสระดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งเมื่อความเร็วลมมีค่ามากขึ้นค่าReynold Numberจะมีค่ามากขึ้นด้วย อิทธิพลของการพาความร้อนแบบอิสระก็จะลดลงตามไปทำให้ผลที่ได้จากการทดลองนี้มีแนวโน้มที่จะมีค่าต่ำกว่าผลที่ได้จากสมการของSparrow ในขณะที่Reynold Numberมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆ สาเหตุที่การพาความร้อนแบบอิสระมีอิทธิพลต่อผลการทดลองนี้มาก ก็เพราะว่าแผ่นกระจกที่ใช้ในการทดลองนี้ มีขนาดโตกว่าแผ่นราบที่ใช้ในการวิจัยของSparrow ประมาณ 20 เท่า ดังนั้นปริมาณการพาความร้อนแบบอิสระจึงมีค่ามากนั่นเอง ทำให้เป็นข้อได้-เปรียบของสมการที่(5.13) ในการนำไปใช้คำนวณหาค่าh_wที่เกิดขึ้นบนแผ่นกระจกปิดหน้าแผงรับ-แสงอาทิตย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย