

บทที่ 4 การคำนวณ

4.1 วิธีการคำนวณ

4.1.1 วิธีการคำนวณสำหรับสภาวะผิวแห้ง

อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมที่ใช้ในการคำนวณนี้ เป็นอัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยระหว่างอัตรา
การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำและด้านอากาศ ซึ่งได้จากความสัมพันธ์

4.1.1.1 อัตราการถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ

$$Q_w = \dot{m}_w C_{p,w} (T_{w,in} - T_{w,out}) \quad (4.1)$$

โดยที่	$\dot{m}_w$	คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)
	$C_{p,w}$	คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำที่ความดันคงที่ ($kJ/kg.K$)
	$T_{w,in}$	คือ อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (K)
	$T_{w,out}$	คือ อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (K)

4.1.1.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ

เนื่องจากอากาศที่ใช้ในการทดลองเป็นอากาศในบรรยากาศ ซึ่งในบรรยากาศนั้นมีไอน้ำปนอยู่ด้วย
ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับอัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศ จะมีการพิจารณาความร้อน
เนื่องจากไอน้ำที่ปนมากับอากาศด้วย

$$Q_a = \dot{m}_a (i_{a,out} - i_{a,in}) \quad (4.2)$$

โดยที่	$\dot{m}_a$	คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)
	$i_{a,in}$	คือ เอนทัลปีของอากาศชื้นก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (kJ/kg)
	$i_{a,out}$	คือ เอนทัลปีของอากาศชื้นที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (kJ/kg)

4.1.1.3 อัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย

$$Q_{ave} = \frac{Q_a + Q_w}{2} \quad (4.3)$$

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมระหว่างน้ำและอากาศ ที่คิดจากพื้นที่ผิวด้านในท่อ นิยามดังสมการ

$$Q_{ave} = U_i A_i (F) \Delta T_{LMTD} \quad (4.4)$$

โดยที่ U_i คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมด้านน้ำ ($kW/m^2.K$)
 A_i คือ พื้นที่ผนังด้านในของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)
 F คือ Correction factor = 1
 ΔT_{LMTD} คือ ผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยเชิงลอการิทึม (K) ซึ่งคำนวณจาก

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{[(T_{w,out} - T_{a,in}) - (T_{w,in} - T_{a,out})]}{\ln \left[\frac{T_{w,out} - T_{a,in}}{T_{w,in} - T_{a,out}} \right]} \quad (4.5)$$

สมการความต้านทานความร้อนรวม เมื่อคิดที่พื้นที่ผิวด้านในท่อ มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{1}{U_i A_i} = \frac{1}{\eta_o h_o A_{o,tot}} + \frac{\ln(r_o / r_i)}{2\pi k_t L_t} + \frac{1}{h_i A_i} \quad (4.6)$$

โดยที่ U_i คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมด้านน้ำ ($kW/m^2.K$)
 A_i คือ พื้นที่ผนังด้านในของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)
 η_o คือ ค่ารีบริประสิทธิภาพ
 h_o คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ ($kW/m^2.K$)
 $A_{o,tot}$ คือ พื้นที่ผิวรวมด้านนอกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)
 r_o คือ รัศมีด้านนอกของท่อทองแดง (m)
 r_i คือ รัศมีด้านในของท่อทองแดง (m)
 k_t คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของท่อทองแดงที่ใช้ทำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ($kW/m.K$)

L_t คือ ความยาวรวมของท่อทองแดงของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (m)
 h_i คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ ($kW/m^2.K$)
 A_i คือ พื้นที่ผนังด้านในของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)

4.1.1.4 ค่าครีประสิทธิผล

$$\eta_o = 1 - \frac{A_f}{A_{o,tot}}(1 - \eta) \quad (4.7)$$

โดยที่	η_o	คือ ค่าครีประสิทธิผล
	A_f	คือ พื้นที่ผิวรวมของครี (m ²)
	$A_{o,tot}$	คือ พื้นที่ผิวรวมด้านนอกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (m ²)
	η	คือ ประสิทธิภาพของครี

ประสิทธิภาพของครี(η) ภายใต้สภาวะผิวแห้ง ในสมการที่ (4.7) คือ

$$\eta = \frac{2r_{f,i}}{M_T(r_{f,o}^2 - r_{f,i}^2)} \left[\frac{K_1(M_T r_{f,i})I_1(M_T r_{f,o}) - K_1(M_T r_{f,o})I_1(M_T r_{f,i})}{K_1(M_T r_{f,o})I_0(M_T r_{f,i}) + K_0(M_T r_{f,i})I_1(M_T r_{f,o})} \right] \quad (4.8)$$

โดยที่	$r_{f,i}$	คือ รัศมีด้านในของครี (m)
	$r_{f,o}$	คือ รัศมีด้านนอกของครี (m)
	I_0	คือ modified Bessel function solution of the first kind, order 0
	I_1	คือ modified Bessel function solution of the first kind, order 1
	K_0	คือ modified Bessel function solution of the second kind, order 0
	K_1	คือ modified Bessel function solution of the second kind, order 1
	M_T	สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$M_T = \sqrt{\frac{2h_o}{k_f t_f}} \quad (4.9)$$

โดยที่	h_o	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ (kW/m ² .K)
	k_f	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของครี (kW/m.K)
	t_f	คือ ความหนาของครี (m)

4.1.1.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ(h_o) มีขั้นตอนดังนี้

1. จากผลการทดลองที่ได้ ให้คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนรวม ดังสมการที่(4.3)
2. คำนวณค่า U_i จากสมการ(4.4)
3. สมมติค่า η

4. คำนวณ η_o จากสมการ(4.7)
5. คำนวณค่า h_o จากสมการ(4.6)
6. แทนค่า h_o ในสมการ(4.9)
7. คำนวณ η จากสมการ(4.8)
8. ถ้า η ที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 7 มีค่าไม่เท่ากับค่าที่สมมติในขั้นตอนที่ 3 ให้ทำการคำนวณซ้ำตามขั้นตอนที่ 4 ถึง 7 โดยใช้ค่า η ที่ได้จากขั้นตอนที่ 7 มาคำนวณ ทำจนกระทั่งค่า η ที่ได้มีค่าแตกต่างกันน้อยกว่า 0.0001
9. ค่า h_o อันเนื่องจาก η ในขั้นตอนที่ 8 จะเป็นค่า h_o ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ถูกต้อง

สำหรับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ (h_i) หาได้จากสมการ Newton's law of cooling แต่ในการทดลองนี้ไม่ได้วัดอุณหภูมิผิวท่อด้านในของชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แต่มีการวัดอุณหภูมิที่ผิวท่อด้านนอก ทั้งนี้เนื่องจากผนังของท่อบางมากและท่อที่ใช้เป็นทองแดงซึ่งมีค่าการนำความร้อนสูง ดังนั้นจึงสมมติให้อุณหภูมิที่ผิวด้านในท่อกับอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกท่อ ดังนั้นสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำได้จาก

$$Q_{ave} = h_i A_i (T_{w,ave} - T_{s,i}) \quad (4.10)$$

- โดยที่ h_i คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ ($kW/m^2.K$)
 A_i คือ พื้นที่ผิวด้านในของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)
 $T_{s,i}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวท่อด้านในของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (K)
 $T_{w,ave}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำที่ไหลภายในท่อ (K)

ค่าสมรรถนะของการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งนำเสนอในรูปของ Colburn j factor เป็นดังความสัมพันธ์

$$j = \left(\frac{h_o}{G_{max} C_{p,a}} \right) Pr^{2/3} \quad (4.11)$$

- โดยที่ h_o คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ ($kW/m^2.K$)
 G_{max} คือ ค่าอัตราการไหลเชิงมวลสูงสุดของอากาศ (kg/s)
 $C_{p,a}$ คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ ($kJ/kg.K$)
 Pr คือ ค่า Prandtl number

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ภายใต้สภาวะผิวแห้ง เป็นดังสมการ

$$\varepsilon = \frac{Q_{ave}}{(mC_p)_{\min} (T_{w,in} - T_{a,in})} \quad (4.12)$$

โดยที่ Q_{ave} คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย (kW)
 $(mC_p)_{\min}$ คือ ผลคูณระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลกับค่าความจุความร้อนจำเพาะของของไหลทำงานที่มีค่าต่ำสุด (kJ/s.K)

$T_{a,in}$ คือ อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (K)

$T_{w,in}$ คือ อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (K)

4.1.2 วิธีการคำนวณสำหรับสภาวะผิวเปียก

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะนำมาคำนวณหาค่าของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, เอนทัลปีประสิทธิภาพ, ความชื้นประสิทธิภาพ, Colburn j factor ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1.2.1 อัตราการถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ

$$Q_w = \dot{m}_w C_{p,w} (T_{w,out} - T_{w,in}) \quad (4.13)$$

โดยที่ $\dot{m}_w$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)

$C_{p,w}$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำที่ความดันคงที่ (kJ/kg.K)

$T_{w,in}$ คือ อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (K)

$T_{w,out}$ คือ อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (K)

4.1.2.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ

ซึ่งพิจารณาความร้อนเนื่องจากไอน้ำที่ปนมากับอากาศและความร้อนเนื่องจากเกิดการควบแน่นของไอน้ำ บนผิวท่อด้านนอกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

$$Q_a = \dot{m}_a \{ (i_{a,out} - i_{a,in}) + (\omega_{in} - \omega_{out}) i_{f,w@T_{s,o}} \} \quad (4.14)$$

โดยที่ $\dot{m}_a$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)
 $i_{a,in}$ คือ เอนทัลปีของอากาศชื้นก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (kJ/kg)
 $i_{a,out}$ คือ เอนทัลปีของอากาศชื้นที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (kJ/kg)
 ω_{in} คือ ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

($kg \text{ water vapor} / kg \text{ dry air}$)

ω_{out} คือ ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

($kg \text{ water vapor} / kg \text{ dry air}$)

$i_{f,w@T_{s,o}}$ คือ เอนทัลปีของน้ำในอากาศที่ความหนาแน่นที่อุณหภูมิผิวท่อของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (kJ/kg)

4.1.2.3 อัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย

อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมที่ใช้ในการคำนวณนี้ เป็นอัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนด้านน้ำและด้านอากาศ ซึ่งได้จากความสัมพันธ์

$$\dot{Q}_{ave} = \frac{Q_a + Q_w}{2} \quad (4.15)$$

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยด้านน้ำ จากวิธีของ Gnielinski (1976) เป็นดังจากสมการ

$$h_i = \frac{Nu \cdot k_w}{d} \quad (4.16)$$

$$Nu = \frac{(f/8)RePr}{1 + 12.7\sqrt{f/8}\left(Pr^{\frac{2}{3}} - 1\right)} \left(\frac{Pr}{Pr_s}\right)^{0.14} \quad (4.17)$$

เมื่อ $f_t = \left[\frac{0.3164}{Re^{0.25}} + 0.03 \left(\frac{d}{D} \right)^{0.5} \right] \left(\frac{\eta_s}{\eta} \right)^{0.27}$

$$D = D_c \left[1 + \left(\frac{h}{\pi D_c} \right)^2 \right]$$

โดยที่	h_i	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยด้านน้ำ ($W/m^2 \cdot K$)
	Nu	คือ Nusselt number
	k_w	คือ ค่าการนำความร้อนของฟิล์มน้ำ ($W / m \cdot K$)
	d	คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (m)
	D_c	คือ เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของขดท่อ (m)
	h	คือ พิตช์ของ Helical coil (m)

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ซึ่งขึ้นอยู่กับ Enthalpy potential เป็นดังนี้

$$\dot{Q}_{avg} = U_{o,w} A_o \Delta i_m F \quad (4.18)$$

โดยที่	$U_{o,w}$	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมด้านนอกท่อผิวเปียก ($kg/m \cdot K$)
	A_o	คือ พื้นที่ผิวด้านนอกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)
	F	คือ แฟกเตอร์แก้ไข (Correction factor)
	Δi_m	คือ Mean enthalpy difference สำหรับ Counter flow coil ซึ่งนิยามดังนี้

$$\Delta i_m = i_{a,m} - i_{r,m} \quad (4.19)$$

จากวิธีของ Bump (1963) และ Myers (1967) สำหรับการไหลแบบสวนทางค่าเอนทัลปีเฉลี่ยหาได้จากความสัมพันธ์

$$i_{a,m} = i_{a,in} + \frac{i_{a,in} - i_{a,out}}{\ln\left(\frac{i_{a,in} - i_{r,out}}{i_{a,out} - i_{r,in}}\right)} - \frac{(i_{a,in} - i_{a,out})(i_{a,in} - i_{r,out})}{(i_{a,in} - i_{r,out}) - (i_{a,out} - i_{r,in})} \quad (4.20)$$

$$i_{r,m} = i_{r,out} + \frac{i_{r,out} - i_{r,in}}{\ln\left(\frac{i_{a,in} - i_{r,out}}{i_{a,out} - i_{r,in}}\right)} - \frac{(i_{r,out} - i_{r,in})(i_{a,in} - i_{r,out})}{(i_{a,in} - i_{r,out}) - (i_{a,out} - i_{r,in})} \quad (4.21)$$

โดยที่	i_m	คือ เอนทัลปีเฉลี่ย (kJ/kg)
	$i_{a,m}$	คือ เอนทัลปีเฉลี่ยของอากาศ (kJ/kg)
	$i_{a,in}$	คือ เอนทัลปีของอากาศที่ทางเข้า (kJ/kg)
	$i_{a,out}$	คือ เอนทัลปีของอากาศที่ทางออก (kJ/kg)
	$i_{r,m}$	คือ เอนทัลปีเฉลี่ยของอากาศอิมตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำ (kJ/kg)

$i_{r,in}$ คือ เอนทัลปีของอากาศอิมตัวที่อุณหภูมิน้ำที่ทางเข้า (kJ/kg)

$i_{r,out}$ คือ เอนทัลปีของอากาศอิมตัวที่อุณหภูมิน้ำที่ทางออก (kJ/kg)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม $U_{o,w}$ มีความสัมพันธ์กับความต้านทานการถ่ายเทความร้อนแต่ละส่วน (Myers, 1967) ดังนี้

$$\frac{1}{U_{o,w}} = \frac{b'_r A_o}{h_i A_{p,i}} + \frac{b'_p A_o \ln\left(\frac{D_c}{D_i}\right)}{2\pi k_p L_p} + \frac{1}{h_{o,w} \left(\frac{A_{p,o}}{b'_{w,p} A_o} + \frac{A_f \eta_{f,wet}}{b'_{w,m} A_o} \right)} \quad (4.22)$$

เมื่อ

$$h_{o,w} = \frac{1}{\frac{C_{p,a}}{b'_{w,m} h_{c,o}} + \frac{y_w}{k_w}} \quad (4.23)$$

โดยที่ A_f คือ พื้นที่ผิวของครีป (m^2)

A_o คือ พื้นที่ผิวรวมทั้งหมด (m^2)

$A_{p,i}$ คือ พื้นที่ผิวด้านในของท่อ (m^2)

$A_{p,o}$ คือ พื้นที่ผิวด้านนอกของท่อ (m^2)

b'_p คือ ค่าความชันของเส้นโค้งอิมตัวของอากาศระหว่างอุณหภูมิผนังท่อด้านในและด้านนอก ($J/kg \cdot K$)

b'_r คือ ค่าความชันของเส้นโค้งอิมตัวของอากาศระหว่างอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยกับอุณหภูมิผิวด้านในท่อ ($J/kg \cdot K$)

$b'_{w,m}$ คือ ค่าความชันของเส้นโค้งอิมตัวของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยของฟิล์มน้ำที่ผิวครีป ($J/kg \cdot K$)

$b'_{w,p}$ คือ ค่าความชันของเส้นโค้งอิมตัวของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยของฟิล์มน้ำที่ผิวท่อ ($J/kg \cdot K$)

$C_{p,a}$ คือ ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศขึ้นที่ความดันคงที่ ($J/kg \cdot K$)

D_c คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกลางภายนอกของท่อ (include collar) (m)

D_i คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกลางภายในของท่อ (m)

$h_{c,o}$ คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสัมผัส ($W/m^2 \cdot K$)

h_i คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในท่อ ($W/m^2 \cdot K$)

$h_{o,w}$ คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมสำหรับ wet external fin ($W/m^2 \cdot K$)

k_f คือ ค่าการนำความร้อนของครีป ($W/m \cdot K$)

k_i	คือ ค่าการนำความร้อนของน้ำ ($W / m \cdot K$)
k_p	คือ ค่าการนำความร้อนของท่อ ($W / m \cdot K$)
k_w	คือ ค่าการนำความร้อนของฟิล์มน้ำ ($W / m \cdot K$)
L_p	คือ ความยาวท่อ (m)
y_w	คือ ความหนาของฟิล์มน้ำ (m)
$\eta_{f,wet}$	คือ ประสิทธิภาพครีบน้ำเปียก

Myers (1967) ได้เสนอว่าค่าความหนาของฟิล์มน้ำ (y_w) ในสมการที่ (4.22) มีค่าประมาณ 0.005 นิ้ว ซึ่งในทางปฏิบัติอัตราส่วนของ y_w/k_w มีค่าเล็กน้อยเพียง 0.5~5 เพอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับ $C_{p,a}/b'_{w,m}h_{c,o}$ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงไม่พิจารณาค่า y_w/k_w ในสมการที่ (4.21) มีปริมาณ 4 ตัว ($b'_{w,m}$ b'_{p} b'_r และ b'_r) ที่มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนระหว่างเอนทัลปีและอุณหภูมิ (Enthalpy temperature ratio) โดยค่า b'_r และ b'_p สามารถคำนวณได้จาก

$$b'_r = \frac{i_{s,p,i,m} - i_{r,m}}{T_{p,i,m} - T_{r,m}} \quad (4.24)$$

$$b'_p = \frac{i_{s,p,o,m} - i_{s,p,i,m}}{T_{p,o,m} - T_{p,i,m}} \quad (4.25)$$

โดยที่	$T_{r,m}$	คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำ (K)
	$T_{p,i,m}$	คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวท่อด้านใน (K)
	$T_{p,o,m}$	คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวท่อด้านนอก (K)
	$i_{r,m}$	คือ เอนทัลปีเฉลี่ยของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำ (kJ/kg)
	$i_{s,p,i,m}$	คือ เอนทัลปีเฉลี่ยของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวท่อด้านใน (kJ/kg)
	$i_{s,p,o,m}$	คือ เอนทัลปีเฉลี่ยของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวท่อด้านนอก (kJ/kg)

ค่าของ $b'_{w,p}$ สามารถประมาณได้จากค่าความชันของเส้นโค้งเอนทัลปีอิมิตที่อุณหภูมิฐานครีบน้ำ ส่วน $b'_{w,m}$ ต้องใช้วิธีการลองผิดลองถูก (Trial and error procedure) ซึ่งในวิธีการลองผิดลองถูกค่า $i_{s,w,m}$ คำนวณได้จากสมการ

$$i_{s,w,m} = i_{a,m} - \frac{C_{p,a}h_{o,w}\eta_{f,wet}}{b'_{w,m}h_{c,o}} \times \left(1 - U_{o,w}A_o \left[\frac{b'_r}{h_i A_{p,i}} + \frac{b'_p \ln\left(\frac{D_c}{D_i}\right)}{2\pi k_p L_p} \right] \right) \times (i_{a,m} - i_{r,m}) \quad (4.26)$$

สำหรับครีบริ้ววงกลม (Circular fin) ประสิทธิภาพครีบริ้วเปือก ซึ่งเสนอโดย Wang, et al. (1997) คือ

$$\eta_{f,wet} = \frac{2r_i}{M_T(r_o^2 - r_i^2)} \left[\frac{K_1(M_T r_i) I_1(M_T r_o) - K_1(M_T r_o) I_1(M_T r_i)}{K_1(M_T r_o) I_0(M_T r_i) + K_0(M_T r_i) I_1(M_T r_o)} \right] \quad (4.27)$$

$$\text{เมื่อ} \quad M_T = \sqrt{\frac{2h_{o,w}}{k_f t}} \quad (4.28)$$

4.1.2.4 วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสัมผัส $h_{c,o}$ ทำได้ดังต่อไปนี้

1. จากข้อมูลที่เก็บได้ คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยดังสมการที่ (4.15)
2. คำนวณค่าสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนดังนี้
 - คำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในท่อ (h_i) โดยใช้สมการที่ (4.17)
 - คำนวณค่าอุณหภูมิด้านในของท่อ ($T_{p,i,m}$) โดยอาศัยสมการการถ่ายเทความร้อนด้วยการพา

ที่คำนวณจาก Thermal Resistance ในท่อจากสมการ

$$Q = \left(\frac{A_o}{h_i A_{p,i}} \right)^{-1} \cdot A \cdot (T_{w,i,m} - T_{w,ave})$$

- คำนวณ b'_r และ b'_p และคำนวณ $\frac{b'_r A_o}{h_i A_{p,i}}$ และ $\frac{b'_p A_o \ln\left(\frac{D_c}{D_i}\right)}{2\pi k_p L_p}$
- คำนวณ $U_{o,w}$ จากสมการที่ (4.22)
- สมมติค่า $h_{c,o}$
- สมมติ $T_{w,i,m}$
- คำนวณ $\eta_{f,wet}$ จากสมการที่ (4.27)
- คำนวณ $i_{s,w,m}$ จากสมการที่ (4.26)
- คำนวณ $T_{w,m}$ จาก $i_{s,w,m}$
- ถ้า $T_{w,m}$ ที่ได้จากข้อ 2.8 มีค่าไม่เท่ากับที่สมมติขึ้นในข้อ 2.5 จะต้องทำซ้ำตั้งแต่

ข้อ 2.5 – 2.8 จนกว่าค่า $T_{w,m}$ ที่ได้จะเท่ากับที่กำหนดไว้

- คำนวณ $h_{c,o}$ จากสมการที่ (4.22)

3. ถ้าค่า $h_{c,o}$ ที่ได้จากข้อ 2.10 มีค่าไม่เท่ากับที่สมมติขึ้นในข้อ 2.9 จะต้องทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2.4-2.10

จนกว่าค่า $T_{w,m}$ ที่ได้จะเท่ากับที่กำหนดไว้

4.1.2.5 สมรรถนะทางการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน นำเสนอ ดังนี้

- Colburn j factor

$$j = \frac{h_{c,o}}{G_{\max} C_{p,a}} \text{Pr}^{2/3} \quad (4.29)$$

โดยที่ $h_{c,o}$ คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ ($\text{kW}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
 $G_{\max}$ คือ ค่าอัตราการไหลเชิงมวลสูงสุดของอากาศ (kg/s)
 $C_{p,a}$ คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$)
 Pr คือ ค่า Prandtl number
 $T_{w,in}$ คือ อุณหภูมิของน้ำก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (K)

- ประสิทธิภาพเชิงเอนทัลปี

$$\varepsilon_h = \frac{i_{a,in} - i_{a,out}}{i_{a,in} - i_{sat,s}} \quad (4.30)$$

โดยที่ $i_{a,in}$ คือ เอนทัลปีของอากาศก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (kJ/kg)
 $i_{a,out}$ คือ เอนทัลปีของอากาศที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (kJ/kg)
 $i_{sat,s}$ คือ เอนทัลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิของผิวเปียก (kJ/kg) ซึ่งคำนวณได้
 ดังนี้

$$i_{sat,s} = 10.90748 + 1.22045T_s + 0.05625T_s^2 \quad (4.31)$$

- ประสิทธิภาพเชิงความชื้น

$$\varepsilon_w = \frac{\omega_{a,in} - \omega_{a,out}}{\omega_{a,in} - \omega_{sat,s}} \quad (4.32)$$

โดยที่

$\omega_{a,in}$ คือ ค่าความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศก่อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
 ($\text{kg water vapor} / \text{kg dry air}$)

$\omega_{a,out}$ คือ ค่าความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
(kg water vapor / kg dry air)

$\omega_{sat,s}$ คือ ค่าความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศที่สภาวะอิ่มตัวที่อุณหภูมิผิวเปียก
(kg water vapor / kg dry air)