

ภาคผนวก ฉ

**การคำนวณอัตราการถ่ายโอนการพาความร้อนธรรมชาติ
ของเครื่องอบแห้งต้นแบบ**

อัตราการถ่ายโอนความร้อน-เสดเคอร์

			$k=$	0.02699	W/m.°C	
			$Pr=$	0.7241		
$L =$	1	m	$Rho=$	836.9	kg/m ³	
$D = L_c =$	0.025	m	$NU=$	1.75E-05	m ² /s	
			$beta=1/T_f$	0.003165	K ⁻¹	
$T_s =$	55	°C	$1.157E+10$	$T_i =$	45	°C
$T_{surr} =$	30	°C	$8.429E+09$		316	K
$Ra_D = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)D^3}{\nu^2} Pr$						
					$= 2.87E+04$	
$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387Ra_D^{1/6}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$					$= 5.67$	
$h = kNu/L_c$					$= 6.12$ W/m ² .°C	
$A_s = \pi DL$					$= 0.08$ m ²	
$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty)$					$= 0.012$ kW	
$\epsilon =$		1				
$\sigma =$	5.67E-08	W/m ² .K ⁴				
$\dot{Q}_{rad} = \epsilon A_s \sigma (T_s^4 - T_{surr}^4)$					$= 0.014$ kW	
อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมด					$= 0.026$ kW	

อัตราการถ่ายโอนความร้อน-ท่อทองแดง

			k=	0.02699	W/m.°C	
			Pr=	0.7241		
L=	22	m	Rho=	836.9	kg/m ³	
D = L _c =	0.01	m	Noo =	1.75E-05	m ² /s	
			beta=1/Tf	0.003165	K ⁻¹	
T _s =	55	°C	1.157E+10	Tf=	45	°C
T _∞ =	30	°C	8.429E+09		316	K
$Ra_D = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)D^3}{\nu^2} Pr$		=	1.84E+03			
$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387Ra_D^{1/6}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$		=	2.98			
h = Nu*k/Lc			=	8.04	W/m ² .°C	
As =	πDL		=	0.69	m ²	
Q _{conv} =	hA _s (T _s - T _∞)		=	0.139	kW	
ε =	1					
σ =	5.67E-08	W/m ² .K ⁴				
Q _{rad} =	εA _s σ(T _s ⁴ - T _{surr} ⁴)		=	0.123	kW	
อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมด			=	0.262	kW	

หม้อต้มน้ำ + ดวงไฟให้ความร้อนตัวอย่างโดยตรง และไม่ได้ปิด

กระจกด้วยกระดาษสีดำ (ในห้องปฏิบัติการ)

ช่องว่างปิดของตู้

$T_f = (T_s + T_\infty) / 2$					Noo
	=	70 °C		343 K	$m^2/s = 2E-05$
$k =$		0.02881 W/m.°C			
$Pr =$		0.7177			
$\beta = 1/T_f$		0.002915452 K ⁻¹			
$T_1 =$		78 °C	351	1.52E+10 K	
$T_2 =$		62 °C	335	1.26E+10 K	
$H =$		1 m	$H/L =$	0.5	
$L_c =$		2 m	$As =$	1 m ²	
$W =$		1.00 m			
$Ra_L = \frac{g\beta(T_1 - T_2)L^3}{\nu^2} Pr$			=	6.60E+09	
		$0.069Ra^{1/3}Pr^{0.07}$			
$Nu =$	4		=	125.35	
$h =$	$Nu*k/L_c$		=	1.81 W/m ² .oC	
$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty)$			=	0.029 kW	
$\epsilon =$	0.1				
$\sigma =$	5.67E-08	W/m ² .K ⁴			
$\dot{Q}_{rad} = \epsilon A_s \sigma (T_s^4 - T_{surr}^4)$			=	0.015 kW	
อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากเซดเคอร์ =				0.026 kW	
อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากท่อทองแดง =				0.123 kW	
อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมด			=	0.193 kW	
เวลาที่ใช้อบแห้ง			=	14 h	
หน่วยพลังงาน (Unit หรือkW.h)			=	2.70 kW.h	

หม้อต้มน้ำ + ดวงไฟให้ความร้อนตัวอย่างโดยตรง และปิด

กระจกด้วยกระดาษสีดำ (ในห้องปฏิบัติการ)

$$T_f = (T_s + T_\infty) / 2$$

$$= 80 \text{ } ^\circ\text{C} \quad 353 \text{ K} \quad \text{Noo} \quad \text{m}^2/\text{s} = 2\text{E-}05$$

$$k = 0.02953 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$$

$$\text{Pr} = 0.7154$$

$$\text{beta} = 1/T_f = 0.002832861 \text{ K}^{-1}$$

$$T_1 = 88 \text{ } ^\circ\text{C} \quad 361 \quad 1.70\text{E}+10 \text{ K}$$

$$T_2 = 72 \text{ } ^\circ\text{C} \quad 345 \quad 1.42\text{E}+10 \text{ K}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$L_c = 2 \text{ m} \quad A_s = 1 \text{ m}^2$$

$$W = 1.00 \text{ m}$$

$$\text{Ra}_L = \frac{g\beta(T_1 - T_2)L^3}{\nu^2} \text{Pr} = 5.79\text{E}+09$$

$$\text{Nu} = 0.069\text{Ra}^{1/3} * \text{Pr}^{0.074} = 119.95$$

$$h = \text{Nu} * k / L_c = 1.771 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s(T_s - T_\infty) = 0.03 \text{ kW}$$

$$\epsilon = 0.1$$

$$\sigma = 5.67\text{E-}08 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = \epsilon A_s \sigma (T_s^4 - T_{\text{surr}}^4) = 0.160 \text{ kW}$$

อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากเซตเตอร์ = 0.026 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากท่อทองแดง = 0.123 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมด = 0.337 kW

เวลาที่ใช้อบแห้ง = 10 h

หน่วยพลังงาน (Unit หรือ kW.h) = 3.37 kW.h

หม้อต้มน้ำ + ดวงไฟให้ความร้อนโซลาร์คอลเล็กเตอร์ + ดวงไฟให้ความร้อนกระจกด้านบนเครื่อง และปิดกระจกด้วยกระดาษสีดำ (ในห้องปฏิบัติการ)

ครั้งที่ 1
ตู้ทรงสี่เหลี่ยม

$$T_f = (T_s + T_{\infty}) / 2 = 60 \text{ } ^\circ\text{C} = 333 \text{ K}$$

$$k = 0.02808 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C} \quad \text{Noo} = 0.00001896 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Pr} = 0.7202$$

$$\text{beta} = 1/T_f = 0.003003003 \text{ K}^{-1}$$

$$T_1 = 66 \text{ } ^\circ\text{C} = 339 \text{ K} \quad 1.32\text{E}+10 \text{ K}$$

$$T_2 = 54 \text{ } ^\circ\text{C} = 327 \text{ K} \quad 1.14\text{E}+10 \text{ K}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$L_c = 2 \text{ m}$$

$$W = 1.00 \text{ m}$$

$$A_s = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Ra}_L = \frac{g\beta(T_1 - T_2)L^3}{\nu^2} \text{Pr} = 5.67\text{E}+09$$

$$\text{Nu} = 0.069\text{Ra}^{1/3} \cdot \text{Pr}^{0.074} = 119.16$$

$$h = \text{Nu} \cdot k / L_c = 1.67 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s(T_s - T_{\infty}) = 0.02 \text{ kW}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$\sigma = 5.67\text{E}-08 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = \varepsilon A_s \sigma (T_s^4 - T_{\text{surr}}^4) = 0.101 \text{ kW}$$

อัตราการถ่ายโอนความร้อน = 0.121 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากเสดเคอร์ = 0.026 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากท่อทองแดง = 0.123 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดจากตู้สี่เหลี่ยม = 0.270 kW

หม้อต้มน้ำ + ดวงไฟให้ความร้อนโซลาร์คอลเล็กเตอร์ + ดวงไฟให้ความร้อนกระจกด้านบนเครื่อง และปิดกระจกด้วยกระดาษสีดำ (ในห้องปฏิบัติการ)

ครั้งที่ 1
โซลาร์ คอลเล็กเตอร์

$$Nu = 1 + 1.44 \left[1 - \frac{1708}{Ra_L} \right]^+ \left(1 - \frac{1708(\sin 1.8\theta)^{1.6}}{Ra_L \cos \theta} \right) + \left[\frac{(Ra_L \cos \theta)^{1/3}}{18} - 1 \right]^+$$

1708/Ra_L = 3.01235E-07

Ra.cos (zeta) = -2.66E+10

Nu = 1

h = Nu*k/Lc = 0.01 W

$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty)$
= 0.0002 kW

ε = 1

σ = 5.67E-08 W/m².K⁴

$\dot{Q}_{rad} = \epsilon A_s \sigma (T_s^4 - T_{surr}^4)$
= 0.101 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดของโซลาร์ คอลเล็กเตอร์ = 0.101 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดจากตู้สี่เหลี่ยม = 0.270 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดของโซลาร์ คอลเล็กเตอร์ = 0.1007 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมด = 0.3703 kW

เวลาที่ใช้อบแห้ง = 10 h

หน่วยพลังงาน (Unit หรือkW.h) = 3.7031 kW.h

หม้อต้มน้ำ + ดวงไฟให้ความร้อนโซลาร์คอลเล็กเตอร์ + ดวงไฟให้ความร้อนกระจกด้านบนเครื่อง และปิดกระจกด้วยกระดาษสีดำ (ในห้องปฏิบัติการ)

ครั้งที่ 2
ผู้ทรงสิทธิ์เยี่ยม

$T_f = (T_s + T_\infty) / 2$	=	55 °C	328 K	Noo	(m ² /s) = 1.847E-05
k=	0.02772	W/m.°C			
Pr =	0.72228				
beta=1/T _f	0.00304878	K ⁻¹			
T ₁ =	58 °C =	331	1.20E+10	K	
T ₂ =	52 °C =	325	1.12E+10	K	
H=	1	m			
L _c =	2	m			
W=	1.00	m			
A _s =			=	1	m ²
$Ra_L = \frac{g\beta(T_1 - T_2)L^3}{\nu^2} Pr$			=	3.04E+09	
Nu =	0.069Ra ^{1/3} *Pr ^{0.074}		=	96.87	
h =	Nu*k/L _c		=	1.34	W/m ² .°C
$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty)$			=	0.01	kW
$\epsilon =$	1				
$\sigma =$	5.67E-08	W/m ² .K ⁴			
$\dot{Q}_{rad} = \epsilon A_s \sigma (T_s^4 - T_{surr}^4)$			=	0.048	kW
อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากเสดเคอร์			=	0.026	kW
อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากท่อทองแดง			=	0.123	kW
อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมด			=	0.205	kW

หม้อต้มน้ำ ควงไฟให้ความร้อนโซลาร์คอลเล็กเตอร์ + ควงไฟให้ความร้อนกระจก
 ด้านบนเครื่อง และปิดกระจกด้วยกระดาษสีดำ (ในห้องปฏิบัติการ)

ครั้งที่ 2

โซลาร์ คอลเล็กเตอร์

$$Nu = 1 + 1.44 \left[1 - \frac{1708}{Ra_L} \right]^+ \left(1 - \frac{1708(\sin 1.8\theta)^{1.6}}{Ra_L \cos \theta} \right) + \left[\frac{(Ra_L \cos \theta)^{1/3}}{18} - 1 \right]^+$$

1708/Ra_L = 3.01E-07

-

Ra.cos (zeta) = 2.66E+10

Nu = 1

h = Nu*k/L_c = 0.014 W

$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty)$
 = 0.00008 kW

$\epsilon = 1$

$\sigma = 5.67E-08 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

$\dot{Q}_{rad} = \epsilon A_s \sigma (T_s^4 - T_{surr}^4)$
 = 0.05 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดของโซลาร์ คอลเล็กเตอร์ = 0.048 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดจากตู้สี่เหลี่ยม = 0.205 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดของโซลาร์ คอลเล็กเตอร์ = 0.048 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมด = 0.253 kW

เวลาที่ใช้อบแห้ง = 10 h

หน่วยพลังงาน (Unit หรือkW.h) = 2.53 kW.h

หม้อต้มน้ำ + ดวงไฟให้ความร้อนโซลาร์คอลเล็กเตอร์ + ดวงไฟให้ความร้อนกระจก
ด้านบนเครื่อง และปิดกระจกด้วยกระดาษสีดำ (ในห้องปฏิบัติการ)

ครั้งที่ 3
 ตู้ทรงสี่เหลี่ยม

$$T_f = (T_s + T_\infty) / 2$$

$$= 70 \text{ } ^\circ\text{C} \quad 343 \text{ K}$$

$$k = 0.02881 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C} \quad \text{Noo (m}^2/\text{s)} = 2.097\text{E-}05$$

$$\text{Pr} = 0.7177$$

$$\text{beta} = 1/T_f = 0.002915452 \text{ K}^{-1}$$

$$T_1 = 78 \text{ } ^\circ\text{C} = 351 \text{ K} \quad 1.52\text{E+}10 \text{ K}$$

$$T_2 = 62 \text{ } ^\circ\text{C} = 335 \text{ K} \quad 1.26\text{E+}10 \text{ K}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$L_c = 2 \text{ m}$$

$$W = 1.00 \text{ m}$$

$$A_s = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Ra}_L = \frac{g\beta(T_1 - T_2)L^3}{\nu^2} \text{Pr} = 5.97\text{E+}09$$

$$\text{Nu} = 0.069\text{Ra}^{1/3} \cdot \text{Pr}^{0.074} = 121.26$$

$$h = \text{Nu} \cdot k / L_c = 1.75 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s(T_s - T_\infty) = 0.028 \text{ kW}$$

$$\epsilon = 1$$

$$\sigma = 5.67\text{E-}08 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = \epsilon A_s \sigma (T_s^4 - T_{\text{surr}}^4) = 0.147 \text{ kW}$$

อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากเซดเดอร์ = 0.026 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนจากท่อทองแดง = 0.123 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดของตู้สี่เหลี่ยม = 0.323 kW

หม้อต้มน้ำ + ดวงไฟให้ความร้อนโซลาร์คอลเล็กเตอร์ + ดวงไฟให้ความร้อน
 กระจกด้านบนเครื่อง และปิดกระจกด้วยกระดาษสีดำ (ในห้องปฏิบัติการ)

ครั้งที่ 3
 โซลาร์ คอลเล็กเตอร์

$$Nu = 1 + 1.44 \left[1 - \frac{1708}{Ra_L} \right]^+ \left(1 - \frac{1708(\sin 1.8\theta)^{1.6}}{Ra_L \cos \theta} \right) + \left[\frac{(Ra_L \cos \theta)^{1/3}}{18} - 1 \right]^+$$

1708/Ra_L = 3.01E-07

Ra.cos (zeta) = -2.66E+10

Nu = 1

h = Nu*k/L_c = 0.014 W

Q_{conv} = hA_s(T_s - T_∞) = 0.00023 kW

ε = 1

σ = 5.67E-08 W/m².K⁴

Q_{rad} = εA_sσ(T_s⁴ - T_{surr}⁴) = 0.15 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดของโซลาร์ คอลเล็กเตอร์ = 0.147 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดจากตู้สี่เหลี่ยม = 0.323 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมดของโซลาร์ คอลเล็กเตอร์ = 0.147 kW

อัตราการถ่ายโอนความร้อนทั้งหมด = 0.470 kW

เวลาที่ใช้อบแห้ง = 10 h

หน่วยพลังงาน (Unit หรือkW.h) = 4.70 kW.h