
آنالیز انرژی و اکسرژی یک برج سرمایش-رطوبت‌زنی گاز همسو بر مبنای نتایج مدل‌سازی ریاضی و شبیه‌سازی

آرزو نیک‌سیر^۱ و امیر رحیمی^{۲*}

(/ / / / / /)

چکیده

واژه‌های کلیدی:

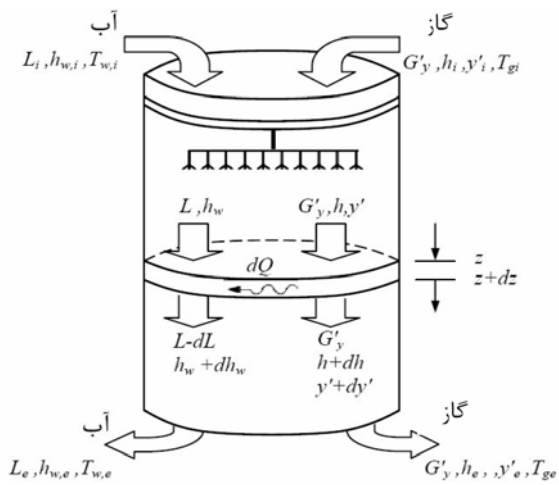
مقدمه

[]

« »

[]

Δz



شکل ۱: شماتیک برج سرمایش گاز با جریان‌های همسو و جریان‌های جرمی و انرژی.

معادلات حاکم

()

$$G'_y H_y \Big|_z - G'_y H_y \Big|_{z+\Delta z} - \sum_i h_i A_{pi} (T_g - T_{pi}) \Delta t = 0 \quad ()$$

$$\frac{dV_{di}}{dt} = \frac{1}{V_{di}} \left[g + \frac{3}{4} \frac{C_{di} \rho_g}{d_{pi} \rho_{pi}} (V_g - V_{di}) |V_g - V_{di}| \right] \quad ()$$

$$C_d = 24 / \text{Re}_d \quad \text{Re}_d < 2$$

$$C_d = 18.5 / \text{Re}_d^{0.6} \quad 2 < \text{Re}_d < 500 \quad ()$$

$$C_d = 0.44 \quad \text{Re}_d > 500$$

[] Downing

[] Marshall Ranz

$$A_{pi} = \frac{\dot{Q}_w F_i}{(\pi / 6) d_{pii}^3} \pi d_{pi}^2 \quad ()$$

$$\frac{dT_g}{dz} = \sum_i \frac{-h_i A_{pi}}{C_s G'_y V_{di}} (T_g - T_{pi}) \quad ()$$

$$G'_y y' \Big|_z - G'_y y' \Big|_{z+\Delta z} + \sum_i N_{wi} M_w A_{pi} \Delta t = 0 \quad ()$$

$$\frac{dy'}{dz} = \sum_i \frac{N_{wi} M_w A_{pi}}{V_{di} G'_y} \quad ()$$

آنالیز اکسرژی

$$E^{PH} = \Delta h - T_0 \Delta S$$

$$p \quad T$$

$$p_0 \quad T_0$$

[]

[]

$$h_i (\pi d_{pi}^2) (T_g - T_{pi}) - N_{wi} M_w (\pi d_{pi}^2) \lambda_i = \frac{d}{dt} [m_{pi} c_{pw,i} (T_{pi} - T_{ref})] \quad ()$$

$$\frac{dT_{pi}}{dz} = \frac{6h(T_g - T_{pi}) - 6N_{wi} M_w \lambda_i}{c_{pw,i} d_{pi} \rho_{pi} V_{di}} - \frac{3(T_{pi} - T_{ref})}{d_{pi}} \frac{dd_{pi}}{dz} \quad ()$$

$$dm_p / dt = -N_w M_w A_p$$

$$\frac{dd_{pi}}{dz} = -\frac{2N_{wi} M_w}{V_{di} \rho_{pi}} \quad ()$$

$$E^{CH} = \mu_0 - \mu_{00}$$

:[]

$$\bar{e}_i = x_a [\bar{h}_a - \bar{h}_a^* - T_0 (\bar{s}_a - \bar{s}_a^*) + \mu_a - \mu_{a,00}] + x_v [\bar{h}_v - \bar{h}_v^* - T_0 (\bar{s}_v - \bar{s}_v^*) + \mu_v - \mu_{v,00}] \quad ()$$

00

$$I_{j+1} = (X_g + X_w)_{in} - (X_{g,j+1} + X_{w,j+1}) \quad ()$$

:[]

$$I = (X_g + X_w)_{in} - (X_g + X_w)_{out} \quad ()$$

$$X_a = G'_y \left\{ (c_{pa} + y' c_{pv}) (T - T_0 - T_0 \ln \frac{T}{T_0}) + R_a T_0 \left[\left(1 + \frac{M_a}{M_v} y' \right) \ln \frac{1 + (M_a / M_v) y'_{00}}{1 + (M_a / M_v) y'} + \frac{M_a}{M_v} y' \ln \frac{y'}{y'_{00}} \right] \right\} \quad ()$$

[]

$$\eta = \frac{(X_g + X_w)_{out}}{(X_g + X_w)_{in}} \quad ()$$

($X_{a,conv}$)

روش حل معادلات حاکم

() ()

($X_{a,evap}$)

i

:[]

$$X_w = L_w [(h_w - h_0) - T_0 (s_w - s_0) - R_v T_0 \ln \theta_0] \quad ()$$

:

$$X_w = L_w \left[c_{pw} (T_w - T_0) - T_0 c_{pw} \ln \frac{T_w}{T_0} - T_0 R_v \ln \frac{P_0}{P_w} - R_v T_0 \ln \theta_0 \right] \quad ()$$

i

نتایج

بررسی دقت مدل

()

[]

()

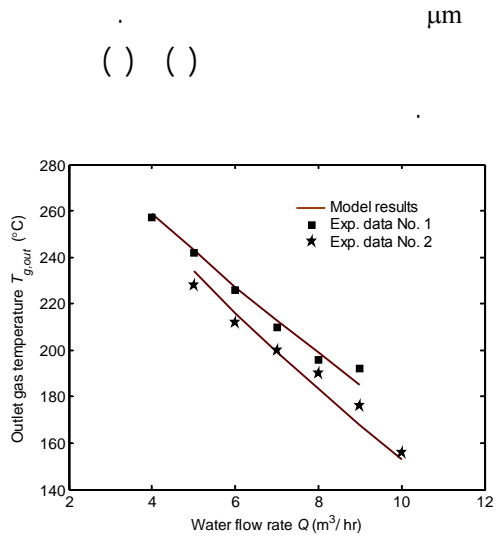
جدول ۱: شرایط عملیاتی برج سرمایش کارخانه سیمان سپاهان اصفهان [۴].

		(°C)
/	/	(kg _v /kg _a)
		(°C)
		(μm)
/	/	(kg/s)
/		(m)
		(m)

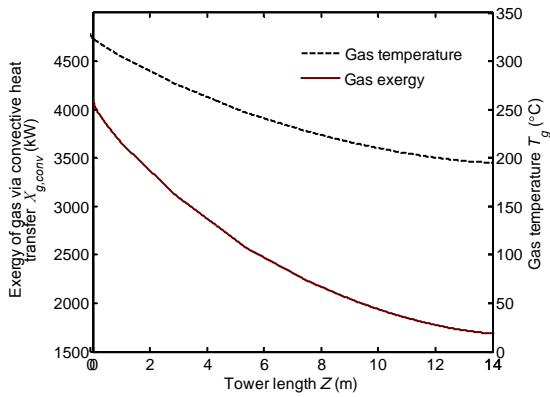
()

[]

() ()



شکل ۲: مقایسه نتایج مدل بکار رفته با نتایج تجربی گزارش شده برای برج سرمایش گاز کارخانه سیمان سپاهان اصفهان [۴] با توجه به جدول ۱.



شکل ۳: توزیع اکسرژی جابجایی و دمای گاز در طول برج سرمایش (D_t = ۶/۵ m ، Q̇ = ۹ m³/s).

X_{g,evap}

()

[]

[]

آنالیز اکسرژی

atm °C

/

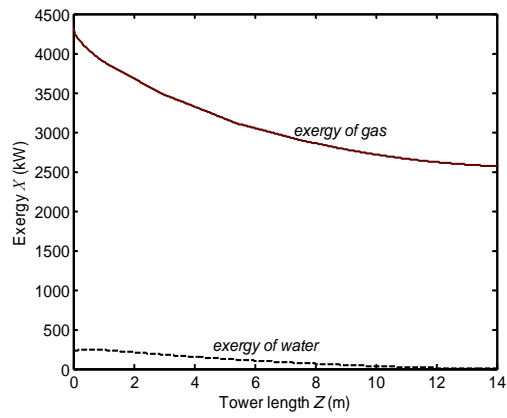
()

()

()

= Q̇ m³/s

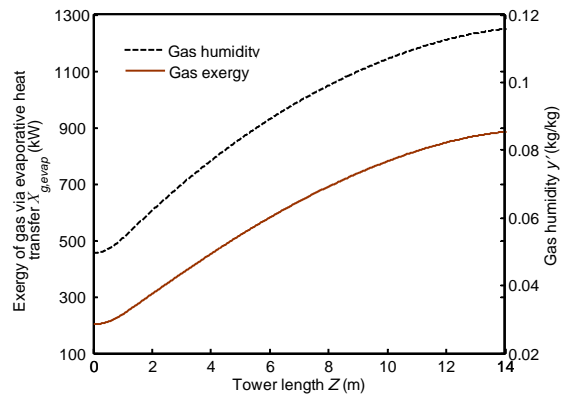
X_{g,conv}



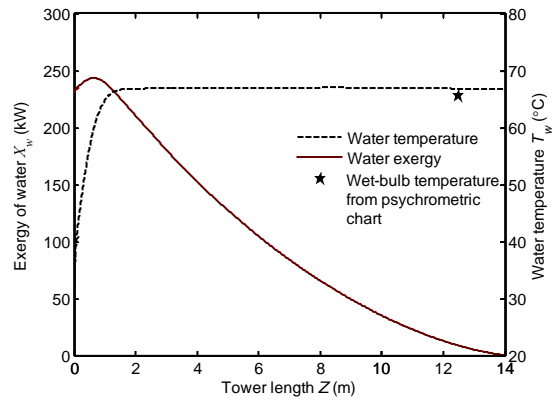
شکل ۶: توزیع اکسرژی کلی آب و گاز در طول برج سرمایش.

()

) %
(
% /



شکل ۴: توزیع اکسرژی تبخیری و رطوبت گاز در طول برج سرمایش ($D_t = 6/5 \text{ m}$, $\dot{Q} = 9 \text{ m}^3/\text{s}$).



شکل ۵: توزیع اکسرژی و دمای آب در برج سرمایش.

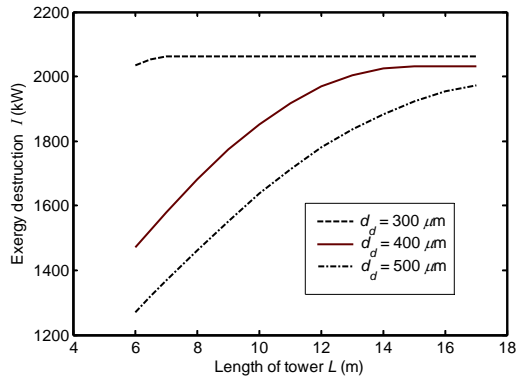
()

جدول ۲: اکسرژی‌های ورودی و خروجی توسط سیالات فرایند و راندمان اکسرژی برج سرمایش.

(kW)		(kW)		
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
: / kW		~ %		
: % /				

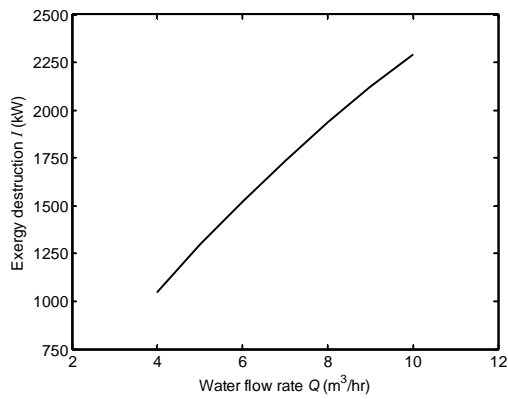
()

بررسی تاثیر برخی پارامترهای عملیاتی بر
میزان اتلاف اکسرژی



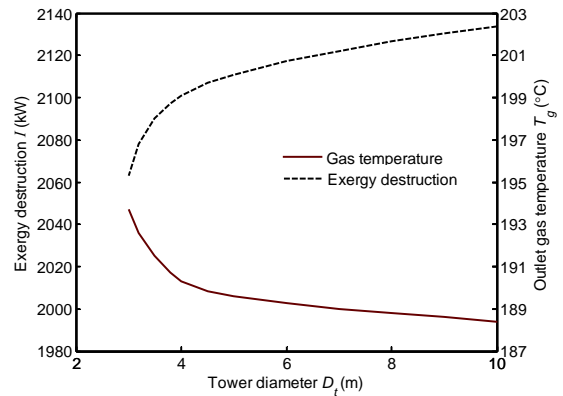
شکل ۸: بررسی تاثیر طول برج سرمایه‌ش بر میزان اتلاف اکسرژی کل برای چند مقدار اندازه اولیه قطرات آب.

()
()



شکل ۹: بررسی اثر دبی آب ورودی بر میزان اتلاف اکسرژی کلی برج.

()
(-)
(-)



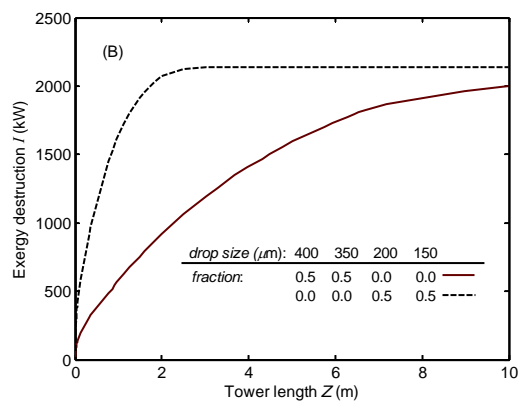
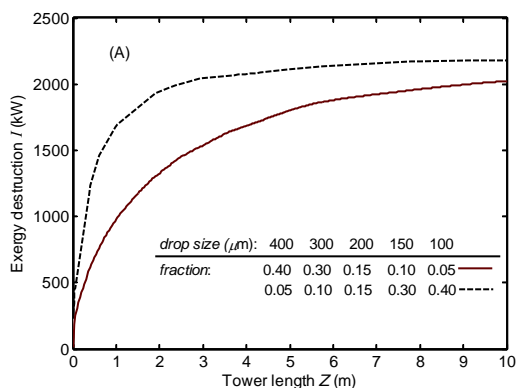
شکل ۷: بررسی تاثیر قطر برج سرمایه‌ش بر میزان اتلاف اکسرژی کلی برج.

()

()

($d_p =$ μm)

نتیجه گیری



شکل ۱۰: بررسی تاثیر توزیع اندازه قطرات بر میزان اتلاف اکسرژی در طول برج سرمایش، الف: دامنه وسیع؛ ب: دامنه محدودی از توزیع اندازه قطرات مایع تزریقی.

(-)

(-)

(-)

(-) (-)

فهرست علائم

(m²/s)

: A_p

(m)	:	z	(J/kg.°C)	:	c_p
	:	θ		:	C_d
(J/kg)	:	λ	(m)	:	D_t
(kg/m ³)	:	ρ_p	(W/mol)	:	\bar{e}
(kg/m ³)	:	ρ_g	\dot{i}	:	F
	:	η	(kg/s)	:	G'_y
	:	0	(J/kg)	:	H_y
	:	00		:	
	:	a	(W/m ² .°C)	:	h
	:	$conv$	(J/mol)	:	h
	:	d	(W)	:	I
	:	$evap$	(gr/grmol)	:	M
	:	g	(kg)	:	m_p
\dot{i}	:	i	(mol/m ² .s)	:	N_w
	:	p	(m ³ /s)	:	\dot{Q}
	:	ref	(J/mol.°C)	:	R
	:	v	(J/mol)	:	s
	:	w	(K)	:	T
	:	-	(sec)	:	t
	:	*	(m/s)	:	V_d
	:		(W)	:	X
	:			:	x
	:		(kg _v /kg _a)	:	y'

مراجع

- 1 - Utlu, Z. and Hepbasli, A. (2007). "A review and assessment of the energy utilization efficiency in the Turkish industrial sector using energy and exergy analysis method." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 11, PP. 1438-1459.
- 2 - Camdali, U., Erisen, A. and Celen, F. (2004). "Energy and exergy analyses in a rotary burner with pre-calcination in cement production." *Energy Conversion and Management*, Vol. 45, PP. 3017-3031.
- 3 - Muangnoi, T., Asvapoositul, W. and Wongwiset, S. (2007). "An exergy analysis on the performance of a counter flow wet cooling tower." *Applied Thermal Engineering*, Vol. 27, PP. 910-917.
- 4 - Rahimi, A., Taheri, M. and Fathikalajahi, J. (2002). "Mathematical modeling of heat and mass transfer in hot gas spray systems." *Chemical Engineering Communications*, Vol. 189, No. 7, PP. 959-973.
- 5- Downing, C. G. (1966). "The evaporation of drops of pure liquids at elevated temperature." *AICHE J.*, Vol. 12, PP. 760-766.
- 6 - Ranz, W.E. and Marshall, W.R. (1952). "Evaporation from drops." *Chemical Engineering Progress*, Vol. 48, PP.141-173.
- 7 - Bejan, A. (1997). *Advanced Engineering Thermodynamics*, 2ed Ed. Wiley, Singapore.
- 8 - Wark, K. (1995). *Advanced Thermodynamics for Engineers*, McGraw-Hill, New York.