

بررسی عملکرد خشک‌کنهای دسیکانت (Desiccant) دوار

حسن پهلوانزاده

استادیار

سیدحسین مظفری

دانشجوی دکتری

دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

قسمت اصلی سیستم‌های رطوبت‌زدایی و سردسازی (سیستم‌های تهویه مطبوع)، رطوبت‌زدای دسیکانت (Desiccant) دوار است [۱]. همچنین این رطوبت‌زداها در خشک کردن موادی که نسبت به تغییرات دمایی زیاد، حساس هستند (تغییرات دمایی باعث افت کیفیت آنها می‌شود) کاربرد دارند. بهترین عملکرد رطوبت‌زدای دسیکانت دوار در صورتی بدست می‌آید که فرآیندهای انتقال جرم و حرارت بهینه شوند. اگر رطوبت‌زدای دوار در سرعت دوران بهینه دوران نکند بازده آن کاهش خواهد یافت. در این مقاله، ابتدا رطوبت‌زدای دسیکانت دوار با نوشتن معادلات انتقال جرم و انرژی مدل شده است. با توجه به اینکه سرعت دوران بهینه، یک پارامتر کلیدی برای رسیدن به عملکرد رطوبت‌زدایی بهینه است، سرعت دوران بهینه برای یک سیستم با مشخصات معین، با استفاده از نتایج حاصل از مدل بدست آمد. در نهایت نیز پروفیل‌های رطوبت‌نسبی هوای خروجی از بخش جذب با استفاده از نتایج حاصل از مدل رسم و بررسی شد.

کلمات کلیدی

خشک کردن، رطوبت‌زدایی، دسیکانت دوار، تهویه مطبوع

Performance study of Rotary Desiccant Dryers

H. Pahlavanzadeh
Assistant Professor

H. Mozaffari
Ph. D. Student

Chemical Engineering Department,
Tarbiat Modarres University

Abstract

The basic part of a cooling dehumidifying system is the rotary desiccant wheel. Such a system is used in drying of gases and materials which are sensible to the heat. The use of rotary dehumidifier in desiccant cooling systems is investigated by analyzing its performance. The rotary desiccant dehumidifier mathematical model was presented by using the mass and energy conservation equations. The optimum rotary velocity is an important parameter for achieving an optimum dehumidification. This parameter was obtained for a given system at optimum condition and also the relative humidity profiles of the air of exit of the system were determined.

Keywords

Drying, Desiccant, Dehumidification, Air conditioning

مواد دسیکنت زیرمجموعه‌ای از جذب‌کننده‌ها بوده که دارای میل ترکیبی زیادی با مولکولهای آب هستند، آنها بخار آب را بصورت فیزیکی یا شیمیایی جذب و در خلل و فرج خود نگهداری می‌کنند. طبقه‌بندی کلی دسیکنت‌ها بصورت زیر است [۲]:

- سیلیکاژل‌ها

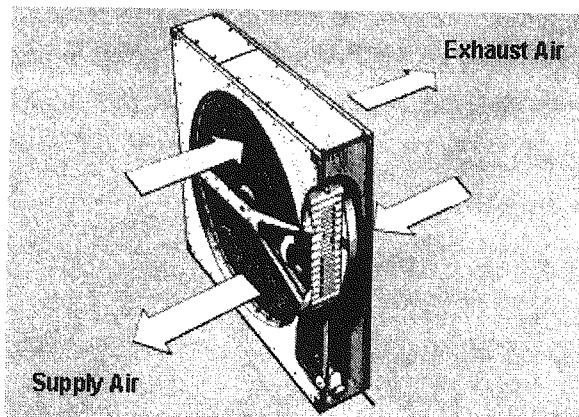
- زئولیت‌ها

- آلومینای فعال

عملکرد نسبتاً ضعیف و هزینه اولیه زیاد برای سیستم‌های دسیکنت رایج (سیستم‌های دسیکنت با ماتریس‌هایی بجز ماتریس دوار)، باعث بوجود آمدن سیستم‌های دسیکنت دوار شده است. Collier و همکارانش [۳] و Worek و همکارانش [۴]، بهبود عملکرد سیستم رطوبت‌زدایی را بوسیله مواد دسیکنت با اشکال ایزوترم مختلف مورد بررسی قرار دادند. سرعت دوران یک پارامتر کنترل بحرانی برای بهینه کردن عملکرد رطوبت‌زدای دوار است. فقط برای مقدار مشخصی از سرعت دوران است که رطوبت نسبی هوای خروجی از بخش جذب حداقل می‌شود که آن همان سرعت دوران بهینه است.

مدل کردن رطوبت‌زدای دسیکنت دوار

شماتیک یک رطوبت‌زدای دوار در شکل ۱ آمده است. رطوبت‌زدای دوار، چرخشی به شکل یک سیلندر است که به دو بخش مساوی تقسیم شده است: بخش جذب (Adsorption) و بخش بازبایی (Desorption).



شکل (۱) شماتیک یک رطوبت‌زدای دوار.

جریانهای هوا در بخش‌های جذب و بازبایی بصورت مختلف‌الجهت (Counterflow) هستند.

آنالیز رطوبت‌زدای دوار براساس فرضیات زیر انجام شده است:

۱- همه کانال‌ها آدیاباتیک فرض می‌شوند.

۲- خواص ترمودینامیکی هوای خشک ثابت هستند.

۳- خواص مواد دسیکنت خشک ثابت هستند.

۴- تجمع (Accumulation) انرژی و رطوبت در جریان هوا ناچیز فرض می‌شود.

۵- هدایت حرارت محوری و نفوذ جرمی محوری در جریان هوا ناچیز فرض می‌شود.

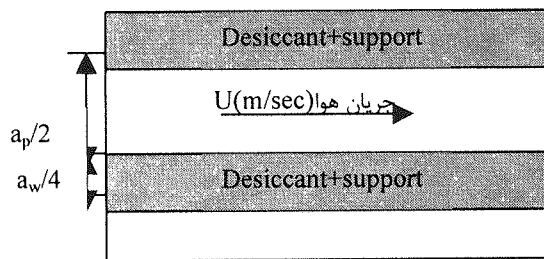
۶- گرادیان شعاعی دما و رطوبت در جریان هوا و ماده دسیکنت وجود ندارد.

۷- ضرایب انتقال جرم و حرارت بین جریان هوا و ماده دسیکنت ثابت فرض می‌شود.

با استفاده از این فرضیات، معادلات حاکم (معادلات بقای جرم و انرژی) بدست می‌آید. سیستم معادلات حاکم با استفاده از

روش حل عددی ضمنی (Implicit Finite-Difference) حل شد.

معادلات بقای جرم و انرژی با توجه به کانال فرضی نشان داده شده در شکل ۲ نوشته می‌شوند.



شکل (۲) کانال فرض شده در رطوبت‌زدای دسیکنت دوار.

معادله بقای جرم برای جریان هوا:

$$\frac{\partial Y_a}{\partial x} = \frac{2K_y}{a_p U_a \rho_a} (Y_w - Y_a) \quad (1)$$

معادله بقای انرژی در جریان هوا:

$$\frac{\partial H_a}{\partial x} = \frac{2K_y H_v}{a_p U_a \rho_a} (Y_w - Y_a) + \frac{2h}{a_p U_a \rho_a} (T_w - T_a) \quad (2)$$

معادله بقای جرم در ماتریس دسیکنت:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{2K_y}{a_w \rho_w f} (Y_a - Y_w) \quad (3)$$

معادله بقای انرژی در دیواره دسیکنت:

$$\frac{\partial H_w}{\partial t} = \frac{2k_v H_v}{a_w \rho_w} (Y_a - Y_w) + \frac{2h}{a_w \rho_w} (T_a - T_w) \quad (4)$$

زمان بدون بعد (τ) و طول کانال بدون بعد (z), دو پارامتری هستند که برای بدون بعد کردن سیستم معادلات حاکم استفاده شده و بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\tau = \frac{hAt}{M_w C_{wr}} \quad (5)$$

$$z = \frac{hA}{m_A C_{da}} \frac{x}{L} \quad (6)$$

معادلات حاکم بر سیستم پس از بدون بعد شدن بصورت زیر در می‌آیند:

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = B_3 (Y_a - Y_w) \quad (7)$$

$$B_4 \frac{\partial T_w}{\partial \tau} = B_5 (Y_a - Y_w) + (T_a - T_w) \quad (8)$$

$$\frac{\partial Y_a}{\partial z} = B_6 (Y_w - Y_a) \quad (9)$$

$$B_7 \frac{\partial T_a}{\partial z} = (T_w - T_a) \quad (10)$$

معادله تعادلی (ایزوترم تعادلی) مواد دسیکنت بصورت زیر است:

$$Y_w = Y_w(T_w, W) \quad (11)$$

و ضرائب B در معادلات بصورت زیر هستند:

$$B_3 = \frac{C_{WR}}{f C_{da} Le} \quad (12)$$

$$B_4 = \frac{(1-f)C_a + gC_d + fC_w W}{C_{WR}} - \frac{fC_{fg} \int_0^W (1-h^*) dW}{C_{WR}} \quad (13)$$

$$B_5 = \frac{Q}{C_{da} Le} \quad (14)$$

$$B_6 = \frac{1}{Le} \quad (15)$$

$$B_7 = \left(1 + \frac{C_v}{C_{da}} Y_a \right) \quad (16)$$

که ضرائب B_3 و B_6 ثابت هستند و ضرائب B_4 و B_5 به میزان رطوبت دسیکنت (w) و B_7 به رطوبت نسبی جریان هوا (Y_a) بستگی دارد.

دو شرط مرزی و دو شرط اولیه برای هر دو بخش جذب و بازیابی وجود دارد که بعد از بدون بعد کردن بصورت زیر درمی آید:

شرایط مرزی برای فرآیند جذب سطحی،

$$Y_a(\tau, 0) = Y_{a,ad,in}(\tau) \quad (17)$$

$$T_a(\tau, 0) = T_{a,ad,in}(\tau) \quad (1)$$

ایط اولیه برای فرآیند جذب سطحی:

$$Y_w(0, z) = Y_{w,rc}(TF_{rc}, NTU_{ad} - z) \quad (1)$$

$$T_w(0, z) = T_{w,rc}(TF_{rc}, NTU_{ad} - z) \quad (20)$$

رابط مرزی برای بخش بازیابی:

$$Y_a(\tau, 0) = Y_{a,rc,in}(\tau) \quad (21)$$

$$T_a(\tau, 0) = T_{a,rc,in}(\tau) \quad (22)$$

رابط اولیه برای بخش بازیابی:

$$Y_w(0, z) = Y_{w,ad}(TF_{ad}, NTU_{rc} - z) \quad (23)$$

$$T_w(0, z) = T_{w,ad}(TF_{ad}, NTU_{rc} - z) \quad (24)$$

که NTU_{re} و NTU_{ad} تعداد واحدهای انتقال در بخش‌های جذب و بازیابی هستند و Tf_{re} و Tf_{ad} پیروی زمانی بدون بعد برای بخش‌های جذب و بازیابی است و بصورت زیر هستند:

$$NTU_{ad} = \frac{2nh_{ad}X_wX_L}{(m_a C_{da})_{ad}} \quad (25)$$

$$NTU_{rc} = \frac{2nh_{ad}X_wX_L}{(m_a C_{da})_{rc}} \quad (26)$$

$$TF_{ad} = \frac{Ah_{ad}\theta_{ad}}{360 M_w C_{wr}} \quad (27)$$

$$TF_{rc} = \frac{Ah_{rc}\theta_{rc}}{360 M_w C_{wr}} \quad (28)$$

که

$$A = 2X_wX_L \quad (29)$$

معادلات حاکم (معادلات ۱۱-۷) توابعی از شرایط مرزی و شرایط اولیه (معادلات ۲۴-۱۷) هستند و با روش حل عددی ضمنی (Implicit) حل شدند. با توجه به اینکه روش حل عددی ضمنی دارای پایداری و همگرایی بیشتری نسبت به روش حل عددی غیرضمنی (Explicit) است.

رابطه سرعت دوران و زمان بدون بعد

TF (پریود زمانی کل) برابر مجموع پریودهای زمانی بخش‌های جذب و بازیابی است،

$$TF = TF_{ad} + TF_{re} \quad (30)$$

سرعت دوران یک رطوبت‌زدا، برابر با تعداد چرخش‌ها در واحد زمان است و زمان بدون بعد با سرعت دوران نسبت عکس دارد

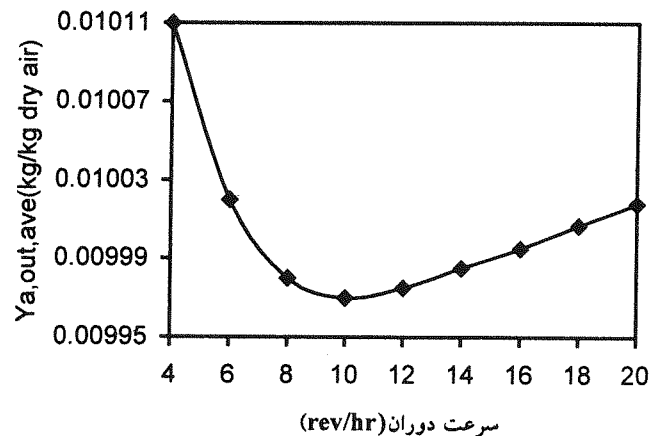
$$K = \frac{A}{360\omega M_w C_w} (h_{ad}\theta_{ad} + h_{re}\theta_{re}) \quad (31)$$

برنامه کامپیوتری

یک برنامه کامپیوتری به زبان برنامه‌نویسی فرترن ۷۷ (Fortran 77)، برای مدل بدست آمده از معادلات بقای جرم و انرژی نوشته شد که دارای ۷ زیربرنامه (Subroutine) است.

نتایج حاصل از برنامه کامپیوتری

در محاسبات انجام شده بوسیله برنامه کامپیوتری، عدد لوئیس، Le ، برابر یک فرض شد. همچنین زوایای بخش‌های جذب و بازیابی (دفع) برابر در نظر گرفته شده است. اطلاعات ورودی به برنامه کامپیوتری (مشخصات سیستم) در جدول ۱ آمده است و مشخصات هوای مرطوب در جدول ۲ آمده است [۵].



شکل (۳) منحنی میانگین رطوبت نسبی خروجی از بخش جذب بر حسب سرعت دوران.

سرعت دوران بهینه رطوبت‌زدا

سرعت دوران بهینه با رسم منحنی رطوبت نسبی هوای خروجی ($Y_{a,out}$) از بخش جذب بر حسب سرعت دوران بدست می‌آید بخاطر اینکه رطوبت نسبی هوای خروجی از بخش جذب، پارامتر مهمی در طراحی سیستم‌های رطوبت‌زدایی است و

هدف از رطوبت‌زدایی هوا بدست آوردن هوایی با رطوبت‌نسبی کم است. منحنی رطوبت نسبی هوای خروجی از بخش جذب بر حسب سرعت دوران در شکل ۳ آمده است. با توجه به اینکه در سرعت دوران بهینه، حداقل رطوبت نسبی برای هوای خروجی بدست می‌آید می‌توان سرعت دوران بهینه را از شکل ۳ تعیین کرد که مقدار آن برابر (rev/hr) ۱۰ بدست آمد.

جدول (۱) اطلاعات ورودی برنامه کامپیوتری (مشخصات سیستم رطوبت‌زدایی).

پارامتر	مقدار عددی	واحد (بعد)	
Xw	0.8	m	قطر چرخ دسیکنت
XL	1	m	طول چرخ دسیکنت
θ_{od}	180	degree	زاویه دوران بخش جذب
θ_{re}	180	degree	زاویه دوران بخش دفع
Mw	10	kg	جرم رطوبت زدا
h(ad)	48.6	w/m ² .C	ضریب انتقال حرارت درخش جذب
h(re)	54.08	w/m ² .C	ضریب انتقال حرارت در بخش بازیابی
ω	10	rev/hr	سرعت دوران
n	10	--	تعداد مش مکانی
ni	26	--	تعداد مش زمانی
Δx	0.04	m	اندازه مش مکانی
Δt	30	sec	اندازه مش زمانی
Cda	1007.6	J/kg.C	ظرفیت حرارتی هوای خشک
Cwr	1420	J/kg.C	ظرفیت حرارتی مینا
Cd	921	J/kg.C	ظرفیت حرارتی دسیکنت
Cw	1250	J/kg.C	ظرفیت حرارتی ماتریس دسیکنت
CL	4186.6	J/kg.C	ظرفیت حرارتی آب مایع
Cv	1756.6	J/kg.C	ظرفیت حرارتی بخار آب
Le	1	—	عدد لوئیس
m	0.228	kg/sec	دبی جرمی هوا
f	0.74	kg desiccant/kg matrix	کسر جرمی دسیکنت در رطوبت زدا
Ta,ad,in	30	C	دمای هوای ورودی به بخش جذب
Ta,re,in	80	C	دمای هوای ورودی به بخش بازیابی
Ya,ad,in	0.015	kg/kg dry air	رطوبت نسبی هوای ورودی به بخش جذب
Ya,re,in	0.015	kg/kg dry air	رطوبت نسبی هوای ورودی به بخش بازیابی

ضریب عملکرد رطوبت‌زدا یا بازده رطوبت‌زدایی دسیکنت (η)، برابر اختلاف رطوبت نسبی هوا بین ورودی و خروجی بخش جذب نسبت به همان مقدار در سرعت دوران بهینه است.

$$\eta = \frac{Y_{a, ad, in} - \int_0^{180} Y_{a, ad, out}(\theta) d\theta}{Y_{a, ad, in} - \int_0^{180} Y_{a, ad, out, opt}(\theta) d\theta} \quad (32)$$

شکل ۴ منحنی بازده رطوبت‌زدایی دسیکنت (η) را برحسب سرعت دوران نشان می‌دهد. بازده رطوبت‌زدایی دسیکنت با استفاده از معادله ۳۲ محاسبه می‌شود. با توجه به منحنی مشخص می‌شود که در سرعت دوران بهینه، $\eta = 0.100$ ، در نصف سرعت دوران بهینه (حالت Overadsorption)، $\eta = 0.98/64$ ، و در دو برابر سرعت دوران بهینه (حالت Underadsorption)، $\eta = 0.99/25$ است. پس با توجه به اشکال ۳ و ۴ می‌توان نتیجه گرفت که عملیات سیستم در شرایط

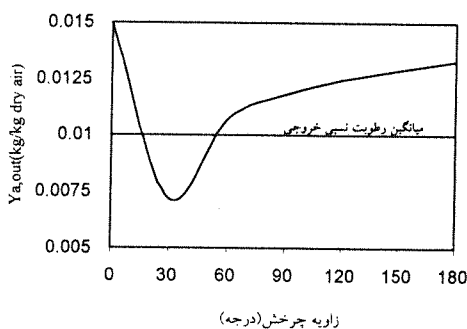
جدول (۲) خواص ترمودینامیکی هوای مرطوب.

$H_{da} = C_{da}T$ $H_v = 2502.68 - C_v T$ $H_{fg} = 2502.68 - C_{fg} T$ $H_a = H_{da} + YH_v$ $Y = 0.62198 \frac{RH}{\left(\frac{P_{atm}}{P_{ws}} - RH\right)}$ $\ln(P_{ws}) = \frac{\lambda_1}{(273.15 + T)} + \lambda_2 + \lambda_3(273.15 + T) + \lambda_4(273.15 + T)^2 + \lambda_5(273.15 + T)^3 + \frac{\lambda_6}{\ln(273.15 + T)}$ <p>که:</p> $\lambda_1 = -5800.2206$ $\lambda_2 = 1.3914933$ $\lambda_3 = -0.04860239$ $\lambda_4 = 0.41764768(10^{-4})$ $\lambda_5 = -0.14452093(10^{-7})$ $\lambda_6 = 6.549673$	<p>آنتالپی هوا خشک</p> <p>آنتالپی بخار آب</p> <p>گرمای تبخیر</p> <p>آنتالپی هوای مرطوب</p> <p>رطوبت مطلق</p> <p>فشار بخار اشباع</p>
--	---

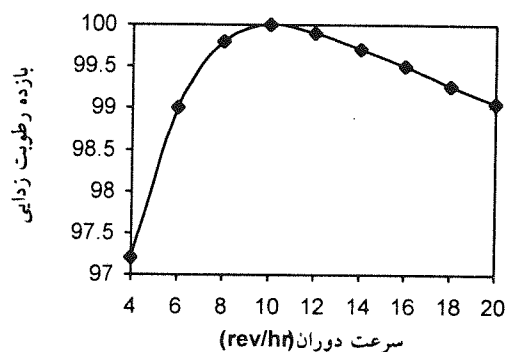
بررسی عملکرد غیربهبینه رطوبت‌زدای دوار

هنگامیکه رطوبت‌زدای دسیکنت با سرعتی متفاوت با سرعت دوران بهینه عمل کند عملکرد رطوبت‌زدا کاهش می‌یابد. وابستگی عملکرد رطوبت‌زدایی دسیکنت به سرعت دوران را می‌توان به سادگی با توجه به اشکال ۵ و ۶ و ۷، که پروفیل رطوبت‌نسبی هوای خروجی را در سرعت دوران بهینه و در سرعت‌های دوران کندتر و سریعتر از سرعت دوران بهینه برحسب زاویه چرخش نشان می‌دهد، بدست آورد.

در سرعت‌های کندتر از سرعت دوران بهینه (شکل ۵) قسمت زیادی از بخش نهایی دسیکنت (زوایای ۱۸۰-۴۰ برای سرعت دوران ۱ (rev/hr)) دارای رطوبت نسبی خروجی بزرگتر از مقدار میانگین هستند. این افزایش رطوبت نسبی خروجی بخاطر اینست که در سرعت‌های کم، هوا و دسیکنت در زوایای کم به تعادل رسیده و در نتیجه در زوایای بزرگتر، دسیکنت رطوبت کمتری از هوا جذب می‌کند و هوا خروجی دارای رطوبت نسبی زیادتری نسبت به میانگین رطوبت نسبی‌های خروجی است.



شکل (۵) منحنی رطوبت نسبی هوای خروجی در بخش جذب برحسب زاویه چرخش در سرعت دوران ۱ (rev/hr).



شکل (۶) منحنی بازده رطوبت‌زدایی دسیکنت (η) را برحسب سرعت دوران.

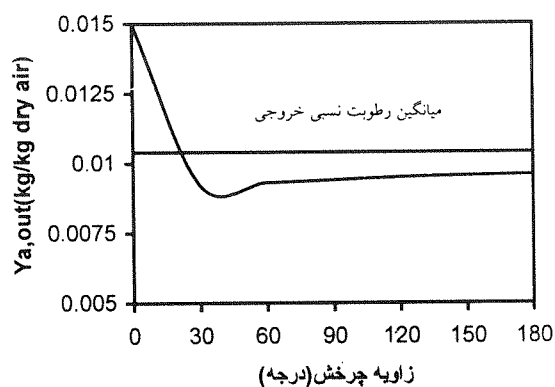
در سرعت‌های سریعتر از سرعت دوران بهینه (شکل ۶) قسمت زیادی از بخش اولیه دسیکنت (زوایای ۱۴-۰ برای سرعت دوران (rev/hr) ۲۰) دارای رطوبت‌نسبی خروجی بزرگتر از مقدار میانگین هستند. زیاد بودن رطوبت‌نسبی خروجی در زوایای کم به دلیل اینست که باتوجه به سرعت زیاد دوران، دسیکنت قادر به جذب میزان رطوبت مطلوب از هوا در زوایای کم نبوده و هوای خروجی دارای رطوبت‌نسبی بزرگتر از مقدار میانگین است. در سرعت‌های سریعتر از سرعت دوران بهینه، رطوبت‌نسبی خروجی در زاویه نهایی (۱۸۰ درجه) کمتر از مقدار میانگین است و این دلالت بر این نکته دارد که دسیکنت هنوز قادر به جذب رطوبت از هوا است.

در سرعت دوران بهینه (شکل ۷) میانگین رطوبت‌نسبی خروجی، حداقل است و رطوبت‌نسبی خروجی از زاویه ۱۸۰ درجه تقریباً برابر با مقدار میانگین رطوبت‌نسبی‌های خروجی است و همچنین مدت زمانی که در زوایای ابتدایی رطوبت‌نسبی خروجی هوا بزرگتر از مقدار میانگین است مینیمم می‌شود.

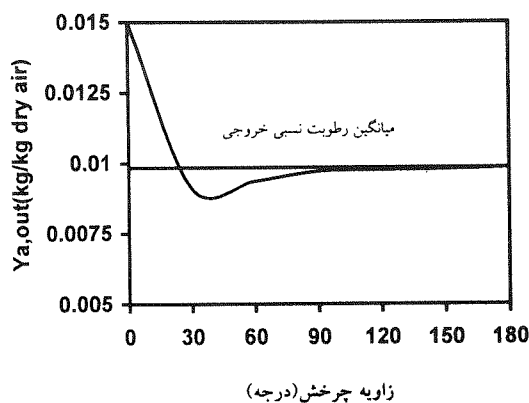
پروفیل تغییرات رطوبت‌نسبی هوا در بخش جذب در شکل ۸ آمده است. رطوبت‌نسبی هوا در زاویه صفر (در طول دسیکنت) برابر با رطوبت‌نسبی هوا در ورودی بخش جذب (یعنی $0.015 \text{ kg/kg}_{\text{da}}$) فرض شده است. کاهش سریع رطوبت‌نسبی در زوایای اولیه به دلیل اینست که اختلاف پتانسیل رطوبتی بین جریان هوا و دسیکنت در زوایای اولیه نسبت به زوایای نهایی بیشتر است و با افزایش زاویه چرخش، میزان رطوبت دسیکنت نیز زیاد شده و در نتیجه اختلاف میزان رطوبت بین هوا و دسیکنت کاهش می‌یابد و بنابراین میزان انتقال جرم (رطوبت) از هوا به دسیکنت کاهش یافته و رطوبت‌نسبی هوا در زوایای نهایی نسبت به زوایای اولیه، کمتر کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

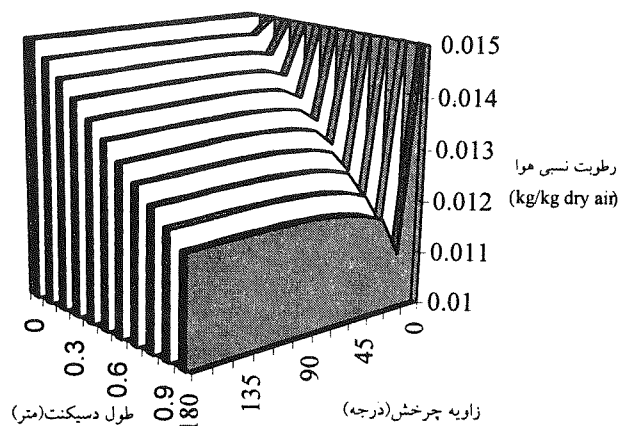
بهترین عملکرد رطوبت‌زدای دسیکنت دوار (خشک کن دسیکنت) در سرعت دوران بهینه بدست می‌آید زیرا حداقل میانگین رطوبت‌نسبی خروجی هوا (رطوبت‌نسبی‌های خروجی هوا در زوایای مختلف دوران) در سرعت دوران بهینه حاصل می‌شود. در سرعت‌های دوران بیشتر از سرعت دوران بهینه، دسیکنت از حداکثر ظرفیت خود (بعلت زمان اقامت کم در بخش جذب) برای جذب رطوبت استفاده نمی‌کند و قبل از رسیدن به حداکثر ظرفیت وارد بخش بازیابی می‌شود. در سرعت‌های کمتر از سرعت دوران بهینه، دسیکنت در همان زوایای اولیه چرخش (با توجه به زمان اقامت زیاد) به حداکثر ظرفیت خود می‌رسد و بنابراین در زوایای نهایی قادر به جذب رطوبت از هوا نیست و هوا در زوایای نهایی با رطوبت‌نسبی بیشتری نسبت به زوایای اولیه خارج می‌شود.



شکل (۷) منحنی رطوبت‌نسبی هوای خروجی در بخش جذب بر حسب زاویه چرخش در سرعت دوران بهینه (rev/hr) 10.



شکل (۶) منحنی رطوبت‌نسبی هوای خروجی در بخش جذب بر حسب زاویه چرخش در دو برابر سرعت دوران بهینه (rev/hr) 20.



شکل (۸) منحنی سه بعدی رطوبت نسبی هوا در بخش جذب.

فهرست حروف و نشانه‌ها

TF	پریود زمانی بدون بعد	A	سطح انتقال جرم و حرارت
W	میزان رطوبت دسیکنت	C	ظرفیت حرارتی
W_{max}	رطوبت جذب شده توسط دسیکنت در رطوبت ۱۰۰٪	C_{fg}	پارامتر استفاده شده برای محاسبه گرمای تبخیر ($H_{fg}=2502.68-C_{fg}T$)
x	جهت محور طول	C_v	پارامتر استفاده شده برای محاسبه آنتالپی بخار آب ($H_{fg}=2502.68-C_{fg}T$)
Y	رطوبت نسبی	C_{WR}	ظرفیت حرارتی مبنا در دیواره رطوبت‌زدا در شرایط ARI
z	محور طول بدون بعد	f	کسر جرمی دسیکنت در رطوبت‌زدا
τ	متغیر زمان بدون بعد	Hfg	گرمای تبخیر
ω	سرعت دوران چرخ دسیکنت	H_{da}	آنتالپی هوای خشک
θ	زاویه چرخ دسیکنت	Hv	آنتالپی بخار آب
		h	ضریب انتقال حرارت
		h^*	نسبت حرارت جذب به حرارت تبخیر
		Le	عدد لوئیس
		L	طول دسیکنت
		m	دبی جرم هوا
		M_w	وزن دسیکنت
		NTU	تعداد واحد انتقال
		P_{atm}	فشار اتمسفریک
		P_{ws}	فشاربخار بخار آب
		Q	حرارت جذب
		RH	درصد رطوبت
		T	دما
		t	زمان

زیرنویس‌ها

a	هوای مرطوب
ad	بخش جذب
d	دسیکنت
da	هوای خشک
I	شاخص مرحله (step) مکان
in	ورودی
opt	بهینه
out	خروجی
re	بخش بازیابی
s	مواد نگهدارنده
v	بخار
w	بستر دسیکنت

- [1] Jones, W.P., Air Conditioning Engineering, 4th edition, Edward Arnold, London, 1994.
- [2] Ashrae Handbook, 1993, Fundamentals.
- [3] Collier, R. K., Simulation of Open-Sycle Desiccant Cooling System Performance, ASHRAE Transactions, vol. 96, no.1, pp.1262-1268.
- [4] Worek, W. M., Simulation of Advanced Gas-Fired Desiccant Cooling Systems, ASHRAE Transactions, vol. 97, no.2, pp.609-614.
- [5] Zheng, W., Worek, W. M., Novosel, D., Performance Optimization of Rotary Dehumidifiers, Transactions of the ASME, 1995, vol. 117, pp.40-44.