

بی‌بعدسازی پارامترهای ورودی و عملکردی سیستم‌های سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته به منظور ارائه راهکاری کلی برای تحلیل آن‌ها

علی سوهانی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ alisoahany@yahoo.com
 نگار محمدحسینی، دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ negar.mhoseini@yahoo.com
 سینا حسین پوری، دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ sina.hoseinpoori@gmail.com
 حسین صیادی، دانشیار گروه مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ sayyaadi@kntu.ac.ir

چکیده

سیستم سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته یکی از جدیدترین و پیشرفته‌ترین فناوری‌های موجود در زمینه سیستم‌های سرمایش با دسیکنت مایع می‌باشد که از تعداد زیادی از ارتقاها اشاره شده برای طراحی آن‌ها بهره گرفته شده است. سلایزاک و کوزوبال (۲۰۰۹) حق مالکیت معنوی این سیستم را در سراسر جهان به نام خود ثبت نمودند [۲].

کوزوبال و همکاران (۲۰۱۱) طی یک گزارش که توسط آزمایشگاه انرژی‌های تجدیدپذیر آمریکا^۲ منتشر گردید، این سیستم را معرفی نموده و آن را از نظر وزن و قیمت اولیه نسبت به سیستم تبرید تراکمی معمولی مورد مقایسه قرار دادند. آنان به این نتیجه رسیدند که برای ظرفیت سرمایش برابر، سیستم سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته، سنگین‌تر و دارای قیمت اولیه بالاتری می‌باشد [۳].

کوزوبال و همکاران در ادامه تحقیقات خود (۲۰۱۲) هزینه‌های عملیاتی سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته را در مقایسه با سیستم تبرید تراکمی برای تعدادی از نواحی ایالات متحده آمریکا مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این سیستم‌ها، هزینه‌های عملیاتی پایین‌تری نسبت به سیستم‌های تبرید تراکمی دارند و هر چقدر مقدار کاهش رطوبت مطلق در خشک‌کن بالاتر باشد، اختلاف بیش‌تر خواهد بود [۴].

به عنوان نمونه‌ای دیگر از پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، وودز و کوزوبال (۲۰۱۳) یک سیستم سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته را مدل‌سازی کرده و اقدام به حل عددی آن نمودند. نتایج به دست آمده دارای اختلاف قابل قبول حداکثر ۱۰٪ با داده‌های تجربی بودند [۵].

در این مقاله، تعدادی از پارامترهای ورودی به سیستم سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته و همچنین دو پارامتر اختلاف دما و اختلاف رطوبت ایجاد شده به وسیله آن بی‌بعد می‌گردند و تاثیر پارامترهای ورودی بدون بعد بر روی این دو پارامتر بدون بعد که پارامترهای عملکردی سیستم می‌باشند مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همان‌گونه که ملاحظه خواهد گردید، این روش منجر به دستیابی به راهکاری کلی برای تحلیل این سیستم‌ها خواهد شد.

معرفی سیستم سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته و شرح نحوه عملکرد آن

شکل ۱، شماتیک کلی سیستم سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته را نشان می‌دهد. این سیستم، از دو بخش رطوبت‌گیر^۳ و خنک‌کننده

در این مقاله، ابتدا سیستم سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته^۱ معرفی شده و نحوه کارکرد آن شرح داده می‌شود. سپس به منظور ارائه راهکاری کلی برای بررسی این خنک‌کننده‌ها، پارامترهای دبی جرمی، دما و رطوبت هوای وارد شده و دبی جرمی، دما و غلظت دسیکنت ورودی بی‌بعد گردیده و در ادامه با استفاده از داده‌های تجربی و نتایج عددی به دست آمده از مطالعات موردی موجود، مقادیر پارامترهای بی‌بعد برای این مطالعات محاسبه می‌شوند. در انتها نیز تاثیر پارامترهای بی‌بعد ورودی بر روی اختلاف دما و اختلاف رطوبت بی‌بعد ایجاد شده توسط سیستم، مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهند که تغییرات اختلاف رطوبت بی‌بعد بر حسب دمای دسیکنت ورودی بدون بعد به صورت خطی می‌باشد. همچنین این نتیجه به دست می‌آید که مقدار ۱، نسبت دبی جرمی دسیکنت به جریان هوای بهینه برای خنک‌کننده می‌باشد و با افزایش دادن غلظت دسیکنت و نسبت دبی جرمی دسیکنت به جریان هوا و کاهش رطوبت مطلق و دمای هوای ورودی و نیز دمای دسیکنت می‌توان عملکرد سیستم را ارتقا داد که با این توجه، ترکیب هوای محیط با بخشی از هوای برگشتی از اتاق یک راه حل اقتصادی برای این منظور به شمار می‌آید. کلمات کلیدی: سیستم سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته، بی‌بعدسازی، داده‌های تجربی، نتایج عددی، منحنی‌های عملکرد

مقدمه

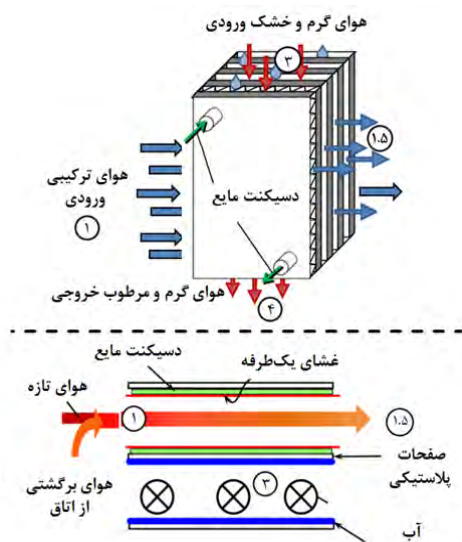
سیستم‌های سرمایش با دسیکنت مایع از جمله سیستم‌های سرمایشی هستند که در مناطق مرطوب به کار می‌روند. این سیستم‌ها که با گرفتن رطوبت هوا و در ادامه سرمایش هوای رطوبت‌گیری شده، آن را خشک و خنک می‌کنند، در مقایسه با سیستم‌های تبرید تراکمی متداول تولید آلاینده‌های کم‌تر و مصرف انرژی پایین‌تری دارند.

در طول سال‌های اخیر تلاش‌های بسیاری به منظور ارتقای عملکرد این سیستم‌ها در راستای محورهای استفاده از دسیکنت‌های مایع کارا، بهبود عملکرد مبدل‌های حرارتی موجود، افزایش سطح تماس هوا و دسیکنت، کم کردن مقدار دسیکنت جبرانی، کاهش مصرف انرژی و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی به عنوان منبع حرارتی برای بازیابی دسیکنت انجام گردیده است [۱].

³ Dehumidifier

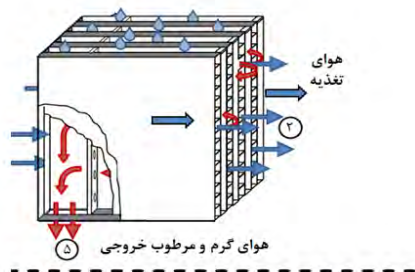
¹ Desiccant-enhanced evaporative (DEVap) Cooler

² National Renewable Energy Lab (NREL)



شکل ۲: شماتیک بخش رطوبت گیر سیستم سرمایش تبخیری با دسیکنت

مایع ارتقا یافته [۳]



شکل ۳: شماتیک بخش خنک کننده غیرمستقیم نقطه شبنم سیستم

سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته [۳]

بی بعدسازی پارامترهای ورودی

مطابق روابط ۱ و ۲، دما و رطوبت هوای ورودی، به ترتیب با تقسیم بر دما و رطوبت هوای محیط بی بعد می گردند.

$$T_{Air,i,WD} = \frac{T_{Air,i}}{T_{Amb}} \quad (1)$$

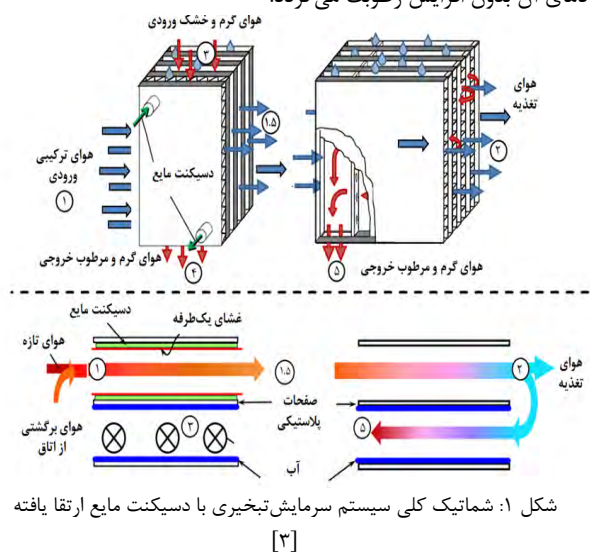
$$\omega_{Air,i,WD} = \frac{\omega_{Air,i}}{\omega_{Amb}} \quad (2)$$

همچنین بی بعدسازی دبی جرمی دسیکنت و هوای ورودی با تقسیم این دو کمیت بر یکدیگر و تعریف نسبت جریان مایع به گاز انجام می شود.

$$LGR = \frac{\dot{m}_{Des}}{\dot{m}_{Air}} \quad (3)$$

غیرمستقیم نقطه شبنم^۱ تشکیل گردیده است که به ترتیب در شکل های ۲ و ۳ نمایش داده شده اند. بخش رطوبت گیر، یک مبدل جریان متقاطع تبخیری غیرمستقیم می باشد که در آن، جریان هوای گرم و مرطوب ورودی در حالت ۱ وارد شده و رطوبت آن به وسیله فرایند انتقال جرم با دسیکنت مایع، به دسیکنت منتقل می گردد. در کانالی که این هوا، که اصطلاحاً هوای اصلی نامیده می شود، جریان دارد از غشای یک طرفه ای در سطح تماس هوا و دسیکنت استفاده شده است که رطوبت هوا را از خود عبور داده ولی از انتقال دسیکنت به جریان هوای در حال خشک شدن و هدررفت آن جلوگیری می کند. کانال دیگر این مبدل حرارتی جریان متقاطع توسط لایه ای از آب که روی آن اسپری شده، پوشیده گردیده است. بخشی از گرمای آزاد شده از فرایند جذب رطوبت توسط دسیکنت مایع، باعث تبخیر آب موجود در این کانال شده و محتوای رطوبت جریان ورودی در حالت ۳ را افزایش می دهد. بدین ترتیب مقدار افزایش دمای هوای اصلی خروجی در حالت ۱،۵ تا حد زیادی کاهش می یابد.

سپس هوای رطوبت گیری شده در حالت ۱،۵ وارد خنک کننده تبخیری غیرمستقیم نقطه شبنم می شود. این بخش یک مبدل جریان مخالف است که در آن، هوای اصلی در کانالی به نام کانال خشک^۲ به سمت اتاق پیش می رود. در انتهای این کانال بخشی از هوای خشک و خنک به دست آمده در حالت ۲ به سمت کانال دیگر که سطح آن با آب پوشیده شده است و اصطلاحاً کانال تر^۳ نام دارد، فرستاده می شود. انتقال حرارت از هوای اصلی موجود در کانال خشک به آب و هوای موجود در کانال تر، موجب کاهش دمای آن بدون افزایش رطوبت می گردد.



شکل ۱: شماتیک کلی سیستم سرمایش تبخیری با دسیکنت مایع ارتقا یافته

[۳]

³ Wet channel

¹ Dew-point indirect evaporative cooler

² Dry channel

$$\Delta\omega_{WD} = \frac{\Delta\omega_{Act}}{\Delta\omega_{req}} = \frac{\omega_{Air,i} - \omega_{Air,e}}{\omega_{Air,i} - 0.85\omega_{Air,comf}} \quad (9)$$

بررسی تاثیر پارامترهای بدون بعد ورودی بر روی پارامترهای عملکردی بی بعد

در جداول ۱ تا ۳ اطلاعات مربوط به نمونه هایی که برای مطالعه انتخاب گردیده اند، آورده شده است.

جدول ۱: اطلاعات مربوط به نوع داده ها، شرایط هوای محیط و نوع ماده دسیکنت برای نمونه های مورد مطالعه

مورد	مطالعه موردی ۱ [۵]	مطالعه موردی ۲ [۷]	پارامتر
نوع داده ها	عددی و تجربی	تجربی	
نوع ماده دسیکنت	LiCl	LiCl	
فشار هوای محیط (kPa)	۸۲	۱۰۰	
دمای هوای محیط (°C)	۳۵	۳۲	
رطوبت مطلق هوای محیط (هوای خشک kg ⁻¹ بخار آب)	۱۴٫۶	۱۴	

جدول ۲: اطلاعات مربوط به پارامترهای مورد بررسی در مطالعه موردی ۱

پارامتر	محدوده تغییرات	مقدار در صورت ثابت ماندن
دمای هوای ورودی (°C)	۲۶٫۷-۳۵	۳۵
رطوبت مطلق هوای ورودی (هوای خشک kg ⁻¹ بخار آب)	۱۴٫۶-۱۸٫۶	۱۴٫۶
دبی جرمی هوای ورودی (kg.s ⁻¹)	۰٫۱۰۶-۰٫۱۸۲	۰٫۱۵۲
دمای دسیکنت مایع ورودی (°C)	۲۵٫۹-۳۸٫۲	۳۲٫۰
دبی جرمی دسیکنت مایع (kg.s ⁻¹)	۰٫۱۲-۰٫۲	۰٫۱۵
غلظت دسیکنت مایع (%)	۳۳-۴۲٫۴	۳۸
نسبت دبی جرمی هوای موجود در کانال تر به دبی موجود در کانال خشک در مبدل جریان مخالف نقطه شبم (%)	-	۳۰

جدول ۳: اطلاعات مربوط به پارامترهای مورد بررسی در مطالعه موردی ۲

پارامتر	محدوده تغییرات	مقدار در صورت ثابت ماندن

غلظت و دمای ورودی دسیکنت مایع نیز به ترتیب، با تقسیم بر غلظتی که در آن پدیده کریستالی شدن اتفاق می افتد و دمای گذار دسیکنت^۱ بی بعد می گردند. دمای گذار دمایی است که در آن مقدار جذب رطوبت دسیکنت صفر می شود.

$$X_{Des,i,WD} = \frac{X_{Des,i}}{X_{Crystallization}} \quad (4)$$

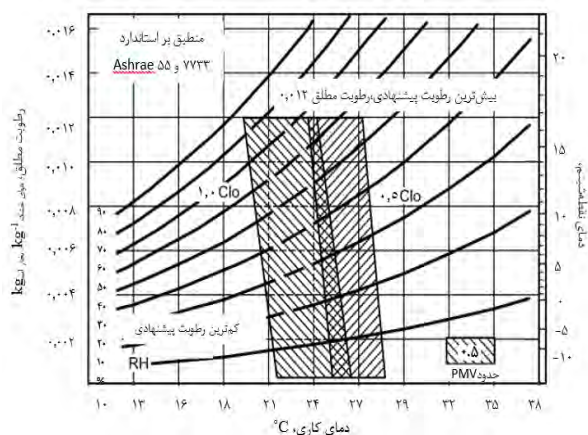
$$T_{Des,i,WD} = \frac{T_{Des,i}}{T_{Transmission}} \quad (5)$$

بی بعدسازی پارامترهای عملکردی

در این بخش، دو پارامتر اختلاف دما و اختلاف رطوبت ایجاد شده توسط سیستم بی بعد می گردند. بدین منظور اختلاف دمای هوای ورودی نسبت به دمای ۱۲٫۷ درجه سانتی گراد (۵۵ درجه فارنهایت) که به عنوان تخمینی تقریبی برای دمای هوای تغذیه خروجی در سیستم های تمام هوای چندمنطقه ای می باشد به عنوان اختلاف دمای مورد نیاز در نظر گرفته شده و با تقسیم اختلاف دمای واقعی ایجاد شده به این اختلاف دما، اختلاف دمای بی بعد از رابطه ۷ به دست می آید. همچنین با مراجعه به منحنی آسایش (شکل ۴)، دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۵۰٪ به عنوان شرایط آسایش حرارتی در نظر گرفته شده و با توجه افزایش رطوبت هوای تغذیه (هوای خروجی از خنک کننده) در اثر بارهای نهان فضا، ۸۵ درصد رطوبت مطلق فضا به عنوان رطوبت مطلق خروجی مورد نیاز تعریف می گردد. سپس رطوبت مطلق واقعی ایجاد شده توسط دستگاه بر اختلاف رطوبت مورد نیاز تقسیم شده و اختلاف رطوبت مطلق بی بعد از رابطه ۹ به دست می آید.

$$\Delta T_{req} = T_{Air,i} - T_{Air,e,MZAHU} \quad (6)$$

$$\Delta T_{Air,WD} = \frac{\Delta T_{Act}}{\Delta T_{req}} = \frac{T_{Air,i} - T_{Air,e}}{T_{Air,i} - T_{Air,e,MZAHU}} \quad (7)$$

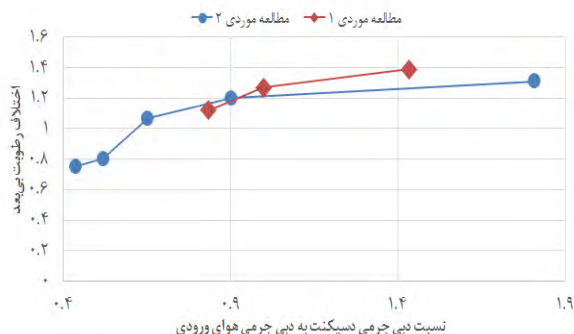


شکل ۴: منحنی آسایش [۶]

$$\Delta\omega_{req} = \omega_{Air,i} - 0.85\omega_{Air,comf} \quad (8)$$

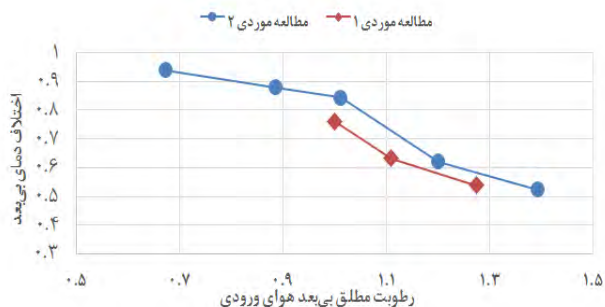
¹ Desiccant transmission temperature

شکل ۶، نمودار تغییرات اختلاف رطوبت بی بعد را بر حسب دبی جرمی دسیکنت به جریان هوا نشان می دهد. در مورد اختلاف رطوبت بی بعد نیز به دلیلی که در بخش اختلاف دمای بی بعد و در مورد شکل ۵ توضیح داده شد، از حدود نسبت دبی جرمی دسیکنت به جریان هوای ۱ به بعد، آهنگ افزایش اختلاف رطوبت بی بعد کم شده تا نهایتاً به مقدار حدی ۱،۴ برای هر دو نمونه مورد مطالعه میل می کند.



شکل ۶: نمودار تغییرات اختلاف رطوبت بی بعد بر حسب نسبت دبی جرمی دسیکنت به جریان هوا

اختلاف دمای بی بعد بر حسب رطوبت مطلق بی بعد هوای ورودی هر چقدر مقدار هوای ورودی مشخصی، رطوبت بیش تری داشته باشد، دسیکنت رطوبت بیش تری از آن جذب می کند و به همین دلیل گرمای کلی آزاد شده توسط دسیکنت و بخش جذب شده توسط هوای ورودی اصلی بیش تر می گردد. به همین دلیل اختلاف دمای بی بعد ایجاد شده کاهش می یابد. در حالتی که مقدار رطوبت بی بعد هوای ورودی از مقداری بیش تر گردد، مقدار قابلیت جذب رطوبت توسط دسیکنت به حداکثر مقدار خود رسیده و دیگر افزایش نمی یابد. به همین دلیل مقدار اختلاف دمای بی بعد به یک مقدار حدی که در هر دو نمونه برابر ۰،۵ می باشد، میل می کند. شکل ۷ نشان دهنده این تغییرات می باشد.



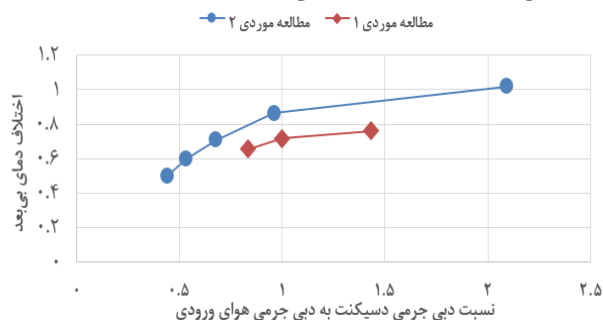
شکل ۷: نمودار تغییرات اختلاف دمای بی بعد بر حسب رطوبت مطلق بی بعد هوای ورودی

اختلاف رطوبت بی بعد بر حسب رطوبت مطلق بی بعد هوای ورودی با توجه به شکل ۸، با افزایش رطوبت مطلق بی بعد هوای ورودی، مقدار اختلاف رطوبت بی بعد افزایش می یابد. البته در صورتی که رطوبت مطلق بی بعد هوای ورودی از مقداری فراتر رود، قابلیت جذب رطوبت توسط دسیکنت به حداکثر مقدار حدی خود میل کرده و بیش از آن افزایش نخواهد یافت.

۳۲	۲۴-۳۸	دمای هوای ورودی (°C)
۱۴	۹،۵-۱۹،۵	رطوبت مطلق هوای ورودی (هوای خشک kg ⁻¹ .بخار آب.g)
۰،۲	۰،۱-۰،۴۵	دبی جرمی هوای ورودی (kg.s ⁻¹)
۲۸	۲۲-۳۵	دمای دسیکنت مایع ورودی (°C)
۰،۲	۰،۱۲-۰،۲۶	دبی جرمی دسیکنت مایع (kg.s ⁻¹)
۳۵	۲۸-۴۲	غلظت دسیکنت مایع (%)
۵۰	-	نسبت دبی جرمی هوای موجود در کانال تر به دبی موجود در کانال خشک در مبدل جریان مخالف نقطه شبنم (%)

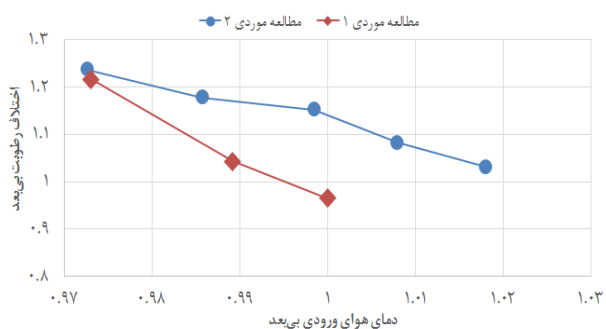
به منظور بررسی تاثیر پارامترهای بی بعد ورودی بر روی پارامترهای عملکردی بدون بعد، ابتدا نتایج حاصل برای نمونه های مورد مطالعه استخراج می گردند و سپس با استفاده از روابط ۱ تا ۹ مقدار پارامترهای بی بعد برای آن ها محاسبه می شوند. در مرحله بعد، با داشتن مقادیر، منحنی پارامترهای عملکردی بدون بعد بر حسب پارامترهای ورودی بی بعد رسم می گردند که در ادامه و به تفکیک پارامتر ورودی مورد بررسی آورده شده و مورد تحلیل و ارزیابی قرار خواهند گرفت.

اختلاف دمای بی بعد بر حسب نسبت دبی جرمی دسیکنت به جریان هوا در صورتی که مقدار دبی جرمی هوای ورودی ثابت بماند، با افزایش مقدار دسیکنت، میزان جذب رطوبت از هوا افزایش می یابد و بدین ترتیب هوای خشک تری به مبدل نقطه شبنم وارد گردیده و تا دمای کم تری خنک می شود و بنابراین همان گونه که در شکل ۵ نیز مشاهده می شود، افزایش نسبت دبی جرمی دسیکنت به دبی جرمی هوا با افزایش اختلاف دمای بی بعد همراه است، ولی از حدود نسبت دبی جرمی دسیکنت به جریان هوای ۱ به بعد، به دلیل آن که افزایش مقدار جرم دسیکنت تاثیر چندانی بر روی افزایش سطح تماس آن با هوا نمی گذارد، مقدار افزایش اختلاف دمای بی بعد کاهش یافته و به تدریج به یک مقدار حدی میل می کند.



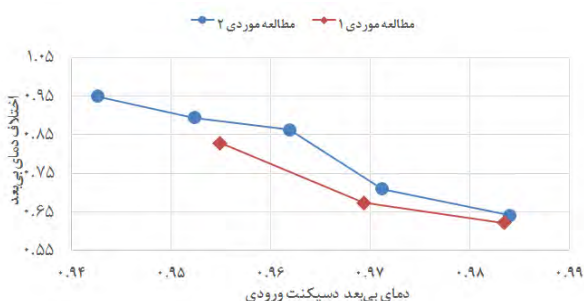
شکل ۸: نمودار تغییرات اختلاف دمای بی بعد بر حسب نسبت دبی جرمی دسیکنت به جریان هوا

اختلاف رطوبت بی بعد بر حسب نسبت دبی جرمی دسیکنت به جریان هوا



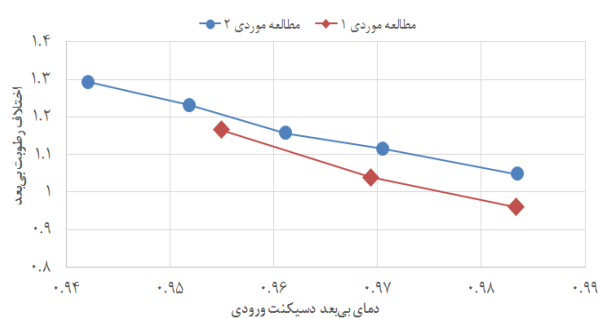
شکل ۱۰: نمودار تغییرات اختلاف رطوبت بی بعد برحسب دمای هوای ورودی بی بعد

اختلاف دمای بی بعد برحسب دمای دسیکنت ورودی بی بعد افزایش دمای دسیکنت مایع و در نتیجه مقدار بی بعد آن، از کارایی دسیکنت کاسته و باعث افزایش رطوبت مطلق هوای ورودی به خنک کننده نقطه شبنم می شود. در نتیجه کارایی خنک کننده نیز کاهش یافته و اختلاف دمای بی بعد مطابق روند نشان داده شده در شکل ۱۱ کاهش می یابد و به مقدار حدی تقریبی ۰٫۶ میل می کند.



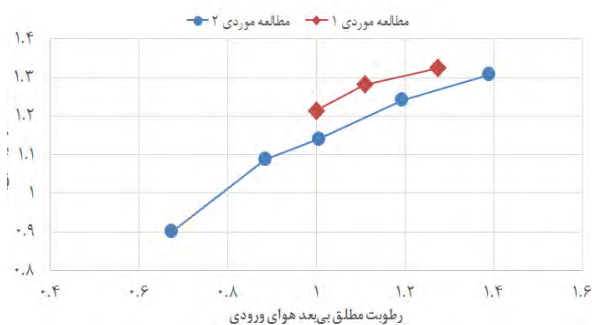
شکل ۱۱: نمودار تغییرات اختلاف دمای بی بعد برحسب دمای دسیکنت ورودی بی بعد

اختلاف رطوبت بی بعد برحسب دمای دسیکنت ورودی بی بعد مطابق توضیحات اشاره شده و شکل ۱۲، افزایش دمای دسیکنت ورودی بی بعد، کارایی آن را کاهش داده و از اختلاف رطوبت بی بعد سیستم به صورت تقریباً خطی می کاهد.



شکل ۱۲: نمودار تغییرات اختلاف رطوبت بی بعد برحسب دمای دسیکنت ورودی بی بعد

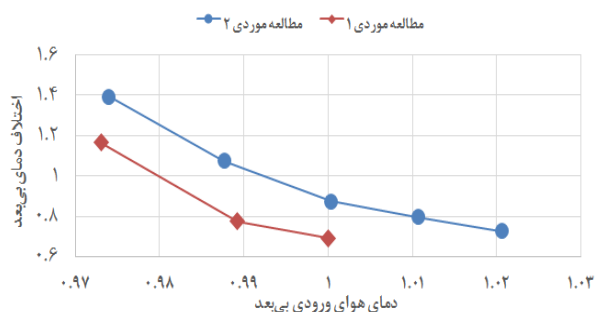
اختلاف دمای بی بعد برحسب غلظت بی بعد دسیکنت ورودی افزایش غلظت دسیکنت، توانایی جذب رطوبت آن را افزایش داده و در نتیجه در شرایطی که بقیه پارامترها تغییر نکنند، هوای خشک تری وارد خنک کننده نقطه شبنم گردیده و در نتیجه تا دمای کم تری می تواند خنک شود. به همین دلیل و مطابق آن چه در شکل ۱۳ نیز ملاحظه می گردد،



شکل ۸: نمودار تغییرات اختلاف رطوبت بی بعد برحسب رطوبت مطلق بی بعد هوای ورودی

همان گونه که در شکل مشاهده می شود، در هر دو نمونه، مقدار اختلاف رطوبت بی بعد از حدود نسبت ۱٫۳ به عددی در حدود ۱٫۳۵ میل می نماید.

اختلاف دمای بی بعد برحسب دمای هوای ورودی بی بعد در شکل ۹ نمودار تغییرات اختلاف دمای بی بعد برحسب دمای هوای ورودی بی بعد نشان داده شده است. همان طور که در شکل نیز پیداست اختلاف دمای بی بعد با کاهش دمای هوای ورودی بی بعد افزایش پیدا می کند. علت آن است که هوای خنک تری وارد بخش رطوبت گیر شده و در نتیجه هوای خنک تری نیز وارد مبدل حرارتی نقطه شبنم می شود. این اختلاف دمای بی بعد با افزایش دمای ورودی، برای هر دو مورد مطالعه به مقدار حدی ۰٫۶۵ میل می کند. یکی از روش های عملی و کم هزینه کاهش نسبت دمای بی بعد، ترکیب هوای محیط با بخشی از هوای برگشتی از اتاق قبل از ورود به دستگاه می باشد.



شکل ۹: نمودار تغییرات اختلاف دمای بی بعد برحسب دمای هوای ورودی بی بعد

اختلاف رطوبت بی بعد برحسب دمای هوای ورودی بی بعد به تدریج، با بالا رفتن دمای هوای ورودی بی بعد، فرایند انتقال حرارت از هوای ورودی به دسیکنت مایع شروع می شود و هر چقدر این دمای بی بعد بیش تر باشد، مقدار انتقال حرارت و در نتیجه دمای عملکرد دسیکنت بیش تر خواهد بود. افزایش دمای دسیکنت مایع، موجب کاهش کارایی آن می شود و به همین علت همان گونه که در شکل ۱۰ هم مشاهده می گردد، مقدار اختلاف رطوبت بدون بعد با افزایش دمای هوای ورودی بی بعد کاهش می یابد.

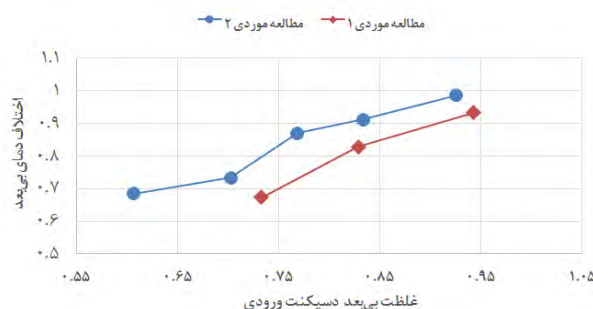
فهرست علائم	
LGR	نسبت دبی جرمی دسیکنت به جریان هوا
m'	جرم (kg)
T	دما (K)
X	غلظت (%)
علائم یونانی	
ω	رطوبت مطلق هوا (هوای خشک kg^{-1} بخار آب kg)
زیر نویس ها	
Air	هوا
Act	واقعی
Amb	محیط
comf	آسایش حرارتی
crytallization	کریستالی شدن
Des	دسیکنت مایع
e	خروجی
i	ورودی
MZAHU	هواساز چندمنطقه‌ای
Req	مورد نیاز
Transmission	گذار
WD	بدون بعد

مراجع

- [1] Lowenstein, Andrew. "Review of liquid desiccant technology for HVAC applications." *HVAC&R Research*, Vol. 14, No. 6, 2008, pp. 819-839.
- [2] Slayzak, Steven Joseph, Kozubal, Eric Joseph, (2009) "Indirect evaporative cooler using membrane-contained, liquid desiccant for dehumidification", (www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?WO=2009094032) [accessed 10 December 2014]
- [3] Kozubal, Eric, Jason Woods, Jay Burch, Aaron Boranian, and Tim Merrigan. *Desiccant enhanced evaporative air-conditioning (DEVap): Evaluation of a new concept in ultra efficient air conditioning*, [Report], National Renewable Energy Laboratory, January 2011.
- [4] Kozubal, Eric, Jason Woods, and Ron Judkoff. *Development and analysis of desiccant enhanced evaporative air conditioner prototype*, [Report], National Renewable Energy Laboratory, April 2012.
- [5] Woods, Jason, and Eric Kozubal. "A desiccant-enhanced evaporative air conditioner: Numerical model and experiments." *Energy Conversion and Management* Vol. 65, January 2013, pp. 208-220
- [6] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), "2009 ASHRAE Handbook: Fundamentals", *American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Publication*, 2009, pp. 9.12
- [7] Gao, W. Z., Y. P. Cheng, A. G. Jiang, T. Liu, and Keith Anderson. "Experimental investigation on integrated liquid desiccant-Indirect evaporative air cooling system utilizing the Maisotesenko-Cycle." *Applied Thermal Engineering*, 2014. (Article in press)

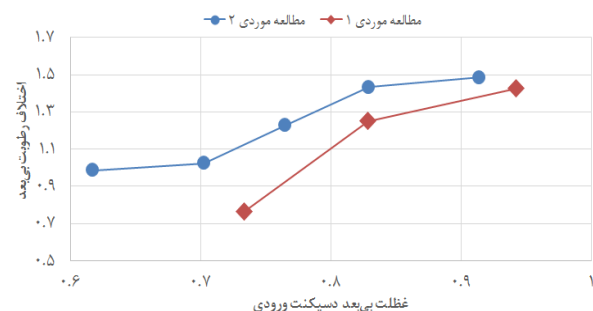
اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی

افزایش غلظت بی بعد دسیکنت ورودی، افزایش اختلاف دمای بی بعد را در پی خواهد داشت.



شکل ۱۳: نمودار تغییرات اختلاف دمای بی بعد بر حسب غلظت بی بعد دسیکنت ورودی

اختلاف رطوبت بی بعد بر حسب غلظت بی بعد دسیکنت ورودی افزایش غلظت دسیکنت و در نتیجه مقدار بی بعد آن، توانایی جذب رطوبت و اختلاف رطوبت بدون بعد را افزایش می دهد. شکل ۱۴ نیز تایید کننده این موضوع می باشد. البته باید در نظر داشت که هر چقدر غلظت دسیکنت ورودی بیش تر باشد، فرایند باز یابی دسیکنت مایع رطوبت جذب کرده (ضعیف) برای دست یابی به دسیکنت رطوبت از دست داده (قوی)، با هزینه بیش تری همراه خواهد بود.



شکل ۱۴: نمودار تغییرات اختلاف رطوبت بی بعد بر حسب غلظت بی بعد دسیکنت ورودی

نتیجه گیری و جمع بندی

همان گونه که ملاحظه شد، بی بعد سازی پارامترهای ورودی و نیز اختلاف دما و رطوبت ایجاد شده توسط سیستم دیوپ، منجر به ارائه راهکاری کلی برای مطالعه این خنک کننده ها می گردد. همچنین این امر، منجر به پیدایش نسبت های حدی مفید در مورد این سیستم ها می شود. به عنوان مثال نسبت ۱، نسبت تقریباً بهینه برای نسبت دبی دسیکنت مایع به جریان هوای ورودی می باشد که از این نسبت به بعد، مقدار اختلاف دما و اختلاف رطوبت بی بعد ایجاد شده تغییر چندانی نکرده و افزایش نسبت بی بعد ورودی، تنها منجر به افزایش هزینه ها می گردد.

همچنین از طریق تحلیل انجام شده این نتیجه حاصل می شود که از طریق افزایش نسبت دبی جرمی دسیکنت به جریان هوا، کاهش رطوبت مطلق و دمای هوای ورودی، زیاد کردن غلظت دسیکنت مایع و نیز کم کردن دمای آن می توان عملکرد سیستم را بهبود داد که باید در هر مورد علاوه بر مقدار ارتقای عملکرد اختلاف دما و اختلاف رطوبت مطلق ایجاد شده، مقدار افزایش هزینه ها را نیز مورد توجه قرار داد.

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-012

www.Hvaccconf.ir