

# بررسی نحوه عملکرد سیکل میسوتسنکو در نقاط مختلف ایران

محمد افتخاری یزدی  
گروه مهندسی مکانیک  
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز  
m\_eftkhariyazdi@iauctb.ac.ir

مرتضی یاری  
گروه مهندسی مکانیک  
دانشگاه تبریز  
myari@uma.ac.ir

سنوبر قربانی فعال\*  
گروه مهندسی مکانیک  
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز  
sanubar.ghorbani.faal@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۹

## چکیده

در این مقاله نوعی کولر تبخیری غیرمستقیم نقطه شبنم، که براساس سیکل میسوتسنکو کار می‌کند، مطالعه و بررسی شده است. برای این منظور، اثر تغییرات دمای هوای ورودی و تغییرات رطوبت نسبی آن بر ضریب عملکرد، ظرفیت سرمایشی و دما و رطوبت نسبی هوای خروجی بررسی و در ادامه امکان‌پذیری استفاده از این سیستم در مناطق گوناگون ایران مطالعه شده است. بنابر نتایج به‌دست آمده، با افزایش دمای هوای ورودی ضریب عملکرد، ظرفیت سرمایشی و دمای هوای خروجی افزایش و رطوبت نسبی هوای خروجی کاهش می‌یابد. اما با افزایش رطوبت نسبی هوای ورودی ضریب عملکرد و ظرفیت سرمایشی کاهش و دما و رطوبت نسبی هوای خروجی افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای که برای شهرهای مختلف ایران انجام شد، استفاده از این سیستم به‌دلیل پایین‌بودن نسبت رطوبت (کمتر از ۰/۱۶۶) در بیشتر نقاط کشور امکان‌پذیر است و شرایط آسایش را فراهم می‌کند.

**واژگان کلیدی:** انرژی، سیکل میسوتسنکو، کولر تبخیری، نقطه شبنم

## ۱. مقدمه

اخیر، مصرف انرژی اولیه جهان (سوخت فسیلی) حدود ۴۹ درصد و تولید دی اکسید کربن تقریباً ۴۳ درصد افزایش یافته است [۲]. با اینکه بررسی‌های اخیر از کاهش ۱/۱ درصدی مصرف جهانی انرژی در سال ۲۰۰۹ م، آن هم به‌دلیل رکود اقتصادی پیش‌بینی نشده جهان، گزارش می‌دهد، اما مصرف انرژی در چند کشور در حال توسعه،

رشد سریع مصرف انرژی در دنیای امروز سبب ایجاد نگرانی‌هایی جدی در زمینه کاهش منابع انرژی و تغییرات شرایط اقلیمی کره زمین شده است. این افزایش مصرف در سرتاسر جهان ناشی از مواردی چون افزایش جمعیت جهان، رشد اقتصادی [۱]، توسعه شبکه‌های ارتباطی و سهم سبک زندگی جوامع توسعه‌یافته است. طی دو دهه



خصوصاً در مناطقی از آسیا با رشد اقتصادی بالا، به شدت در حال افزایش بوده است. به دلیل رشد سریع جمعیت، بهبود سرویس‌های ساختمانی و افزایش زمانی که درون ساختمان‌ها سپری می‌شود، سهم مصرف انرژی در ساختمان‌ها را در کشورهای توسعه‌یافته، همچون ایالات متحده آمریکا و اروپا، افزایش داده است. در سال ۲۰۰۴ م، مصرف انرژی ساختمان‌ها در کشورهای اروپایی ۳۷ درصد از کل انرژی مصرفی بوده است؛ یعنی بیشتر از مقادیر مربوط به صنعت (۲۸ درصد) و حمل‌ونقل (۳۲ درصد). در انگلستان، سهم مصرف انرژی در بخش ساختمانی ۳۹ درصد بوده که از متوسط مقدار اروپا نیز بیشتر است [۱].

در کشورهای توسعه‌یافته، انرژی مصرفی در سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع، ۵۰ درصد از انرژی مصرفی در ساختمان‌ها و ۲۰ درصد از کل انرژی مصرفی را شامل می‌شود. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، همچون چین، به دلیل عایق‌کاری ضعیف، سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع ناکارآمد (با بازده پایین) و تبدیل بازده پایین انرژی به گرما، مصرف انرژی سیستم‌های تهویه و تبرید حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد از انرژی مصرفی در ساختمان‌ها را شامل می‌شود [۳].

برای برآوردن نیاز افزایش تجهیزات تهویه مطبوع، بدون استفاده از سیستم‌های متداول قدیمی که مصرف انرژی الکتریکی بالایی دارند، لازم است سیستم‌های سرمایشی توسعه یابند؛ سیستم‌هایی که به مبردهای آلاینده نیازی ندارند و با منابع انرژی طبیعی و پاک کار می‌کنند.

سیستم‌های سرمایش تبخیری از گرمای نهان تبخیر آب استفاده می‌کنند؛ یعنی نوعی انرژی طبیعی در اتمسفر وجود دارد که کار تهویه مطبوع برای ساختمان‌ها را اجرا می‌کند. مصرف انرژی الکتریکی این سیستم‌ها تنها ۲۰ درصد از انرژی مصرفی سیستم‌های تهویه مطبوع تراکمی بخار است و این معادل کاهش ۴۴ درصدی دی‌اکسید کربن تولیدشده با سیستم‌های تهویه مطبوع تراکمی بخار

می‌باشد؛ یعنی این سیستم‌های سرمایشی سوخت فسیلی کمتری مصرف می‌کنند و دوستدار محیط زیست‌اند.

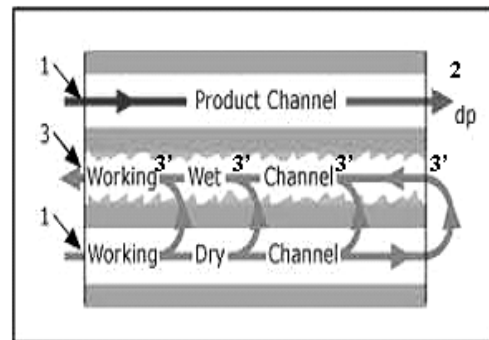
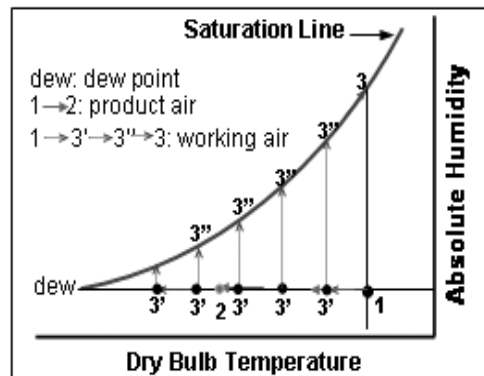
## ۲. معرفی سیستم

سیستم‌های سرمایش تبخیری امروزی مشتمل بر دو گونه مستقیم و غیرمستقیم می‌باشند. سیستم‌های سرمایش تبخیری مستقیم می‌توانند دمای هوا را با استفاده از گرمای نهان تبخیر آب پایین بیاورند. در نتیجه، هوای گرم و خشک به هوای سرد و مرطوب تبدیل می‌شود، اما انرژی موجود در هوا ثابت می‌ماند. چون این دسته از سیستم‌ها به هوای ورودی اتاق رطوبت می‌افزایند، تنها برای استفاده در شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک و یا فضاهایی که هم نیاز به سرمایش دارند و هم افزایش رطوبت، مناسب‌اند [۴]. سیستم‌های سرمایش تبخیری غیرمستقیم قادر به کاهش دمای هوا بدون افزودن رطوبت می‌باشند. این ویژگی سبب جذابیت بیشتر این سیستم‌ها نسبت به نوع مستقیم آنها می‌باشد. به طور کلی، در یک کولر تبخیری غیرمستقیم، هوای تولیدی از سمت خشک صفحات مبدل جرم و حرارت عبور می‌کند، سمت دیگر این صفحات تر می‌باشد و هوای عبوری از سمت تر صفحات این مبدل‌ها گرمای نهان لازم برای تبخیر آب را از سمت خشک صفحات می‌گیرد و بدین ترتیب سبب سرد شدن هوای تولیدی می‌شود. در شرایط آرمانی، دمای هوای تولیدی در سمت خشک صفحات به دمای حباب تر هوای ورودی به سمت تر خواهد رسید و دمای خروجی از سمت تر از دمای حباب خشک ورودی سمت تر به دمای حباب خشک ورودی سمت خشک افزایش خواهد یافت و به حالت اشباع خواهد رسید. اما این سیستم‌ها در حین عملکرد از حالت ایده‌آل فاصله زیادی دارند، به طوری که در یک سیستم سرمایش تبخیری غیرمستقیم معمولی بازده حباب تر حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد است [۴] و این بدان معناست که دمای خروجی هوای تولیدی مابین دمای حباب تر هوای ورودی به سمت مرطوب صفحات و دمای حباب خشک هوای تولیدی در



نقطه ورود به سیکل خواهد بود، که معمولاً این دما برای سردکردن فضاهای مورد نظر خیلی بالاست.

اگر ساختار مبدل جرم و حرارت در یک سیستم سرمایش تبخیری غیرمستقیم تصحیح شود، می‌توان فرایند دمایی جدیدی تولید کرد که سرمایش نقطه شبنم نامیده می‌شود [۵]. این مبدل می‌تواند هوای تولیدی را تا دمایی پایین‌تر از حباب تر، و تا نزدیکی نقطه شبنم هوای ورودی خنک کند. شکل ۱، قاعده کلی و نمودار سایکرومتریک یک مبدل ایده‌آل برای سرمایش نقطه شبنم، که جریان‌های هوای اولیه<sup>۲</sup> و ثانویه<sup>۳</sup> شرایط ورودی یکسانی دارند، را نشان می‌دهد [۶].



شکل ۱. اصول عملکرد سرمایش تبخیری نقطه شبنم [۷]

دارد. در انتهای کانال خشک جریان ثانویه<sup>۴</sup> درصد کمی از هوای ورودی به این کانال باقی مانده است که تا کمترین دما (نزدیک به نقطه شبنم هوای ثانویه ورودی) خنک شده است و در انتهای مسیر به سمت تر منتقل می‌شود. هوای موجود در سمت تر (جریان ثانویه در کانال تر) دمای پایین‌تری دارد و به همین دلیل قادر به جذب گرمای بیشتری از دو کانال مجاور؛ یعنی کانال خشک جریان اولیه و کانال خشک جریان ثانویه است. در کانال تر تغییر حالت‌های ۳' به ۳'' و ۳'' را داریم که حاصل از تبخیر آب سمت تر صفحات و انتقال گرمای محسوس از جریان‌های مجاور است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، جریان هوا در کانال تر خلاف جریان‌های دیگر است و این جریان در انتهای مسیر به اتمسفر تخلیه می‌شود. به‌طور همزمان، با طی مسیر جریان ثانویه، جریان اولیه نیز در کانال مجاور کانال تر خنک می‌شود و از حالت ۱ به حالت ۲ می‌رسد.

### ۳. تجزیه و تحلیل روابط مورد استفاده

بررسی انرژی، انرژی و ارزیابی پایایی برای طراحی سیستم ضروری است و در اینجا برای سیستم سرمایشی که بر پایه سیکل میسوتسنکو کار می‌کند تحلیل انرژی انجام شده است. بخشی از اطلاعات از مستندات آزمایشگاه ملی انرژی تجدیدپذیر<sup>۵</sup> گرفته شده است [۸]. شدت جریان جرمی هوای مرطوب (هوای خنک‌شده ورودی به ساختمان) برابر با کل شدت جریان‌های جرمی هوای خشک و آب می‌باشد:

$$\dot{m}_w + \dot{m}_{da} = \dot{m}_{ha} \quad (1)$$

به‌طوری‌که در این رابطه  $\dot{m}_w$  شدت جریان جرمی آب موجود در مخلوط و  $\dot{m}_{da}$  شدت جریان جرمی هوای خشک موجود در مخلوط است. نرخ ظرفیت سرمایشی سیستم  $\dot{Q}_{cooling}$  را می‌توان به‌صورت رابطه ۲ تعریف کرد:

$$\dot{Q}_{cooling} = \dot{m}_{da}(h_{in} - h_{out}) \quad (2)$$

به‌طوری‌که در این رابطه،  $h_{in}$  آنتالپی هوای مورد نظر ورودی و  $h_{out}$  آنتالپی هوای مورد نظر خروجی (هوای

در این مثال، هوای ثانویه<sup>۶</sup> ورودی با حالت ۱ از سمت خشک صفحه عبور می‌کند و به دلیل رطوبت سمت دیگر صفحه خنک می‌شود و از سوراخ‌های موجود در امتداد مسیر به سمت تر صفحه جریان می‌یابد؛ یعنی تغییر از حالت ۱ به ۳'، که ۳' با توجه به موقعیت سوراخ‌ها شرایط مختلفی

دارند. از این کاهش می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد این سیکل‌ها در مناطقی با رطوبت پایین بهتر است. در شکل ۵ نیز تغییرات دمای هوای مطلوب خروجی و رطوبت نسبی هوای مطلوب خروجی با افزایش نسبت رطوبت نمایش داده شده است.

## ۵. نتایج بررسی امکان استفاده از این کولر در شهرهای مختلف ایران

در بررسی این سیستم به این نتیجه می‌رسیم که در رطوبت نسبی‌های پایین مقادیر اختلاف بین دمای خشک و دمای نقطه شبنم زیاد است و این سبب عملکرد بهتر سیستم می‌شود. با توجه به شرایط آب‌وهوایی شهرهای مختلف ایران، شاهد این واقعیت هستیم که با وجود دمای بالا برای اکثر شهرها، مخصوصاً در فصل تابستان، مقادیر رطوبت نسبی و نسبت رطوبت برای بیشتر شهرها پایین است و این خود بیانگر عملکرد خوب این سیستم در اکثر شهرهای ایران می‌باشد.

در جدول ۱ مقادیر مربوط به پارامترهایی که در بررسی امکان‌پذیری استفاده از این سیستم مؤثر هستند برای شهرهای مختلف ذکر شده است.

خنک‌شده ورودی به ساختمان) است. ضریب عملکرد سیستم نیز مطابق رابطه ۳ تعریف می‌شود:

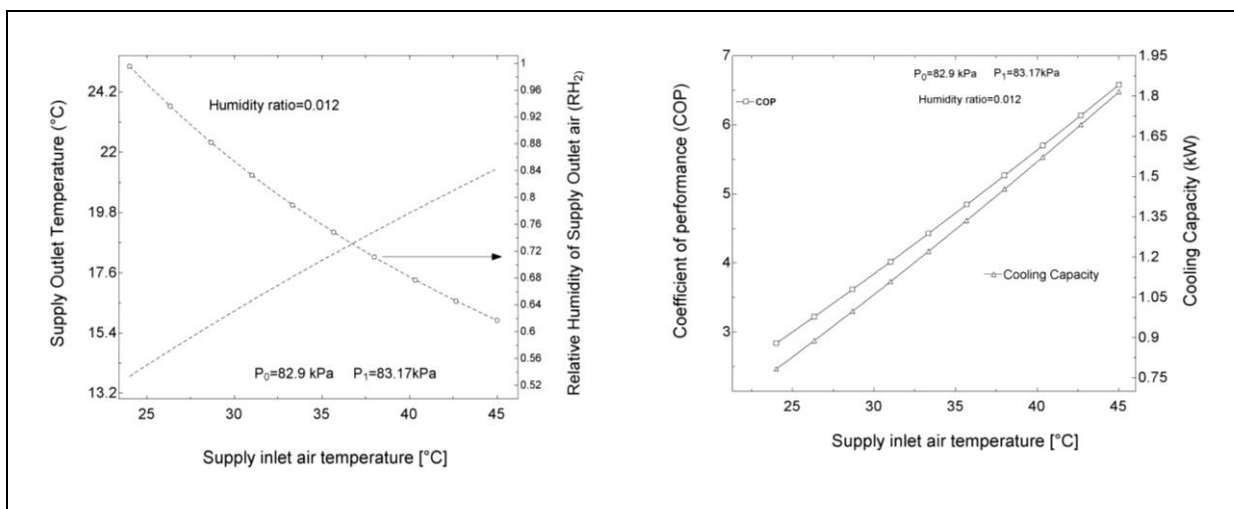
$$COP = \frac{\dot{Q}_{cooling}}{\dot{W}_{consume}} \quad (3)$$

به طوری که در این رابطه  $\dot{W}_{consume}$  همان توان مصرف‌شده است.

## ۴. نتایج و نمودارها

### ۴-۱. تحلیل نتایج براساس قانون اول ترمودینامیک همراه با نمودارهای مربوطه

در شکل ۲ تأثیر دمای ورودی بر ضریب عملکرد سیستم و ظرفیت سرمایشی سیستم نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش دمای ورودی ظرفیت سرمایشی افزایش و با توجه به ثابت بودن کار ورودی ضریب عملکرد نیز افزایش پیدا می‌کند. در شکل ۳ نیز تأثیر دمای هوای ورودی بر دما و رطوبت نسبی هوای خروجی مشاهده می‌شود. در شکل ۴ تأثیر نسبت رطوبت هوای ورودی بر ضریب عملکرد و ظرفیت سرمایش نمایش داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، ضریب عملکرد و ظرفیت سرمایش سیر نزولی



شکل ۳. تأثیر دمای هوای ورودی بر دما و رطوبت نسبی

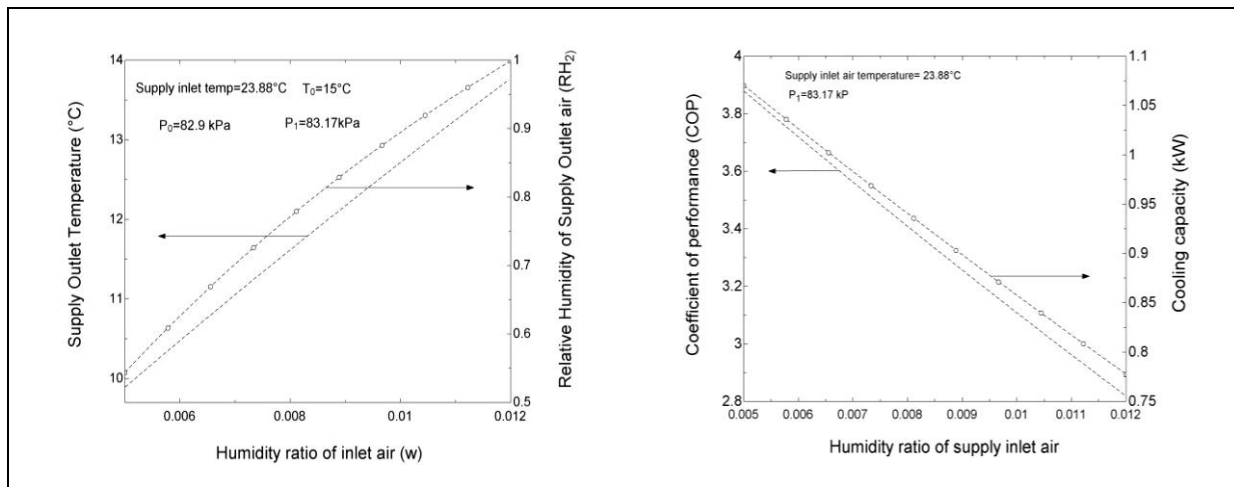
هوای خروجی [۹]

شکل ۲. تغییرات ضریب عملکرد و ظرفیت سرمایشی سیستم

با تغییر دمای ورودی [۹]

این مدل را برای ارزیابی شهرهای مختلف معتبرتر یافتیم. با توجه به داده‌های جدول و بررسی‌های انجام‌شده، می‌توان گفت که در شهرهایی که اختلاف دمای خشک و دمای نقطه شبنم آنها بیش از ۱۳ درجه سانتی‌گراد است و نسبت رطوبت کمتر از ۰/۰۱۶۶ می‌باشد، استفاده از این نوع کولرها با عملکرد قابل قبولی امکان‌پذیر خواهد بود.

چون در شهرهای ایران با محدوده دمایی وسیعی روبرو هستیم، بنابراین رطوبت نسبی معیار مناسبی برای ارزیابی امکان استفاده از این سیستم نمی‌باشد. بنابراین با بررسی برای نسبت رطوبت در مدل شبیه‌سازی شده به این نتیجه می‌رسیم که در نسبت رطوبت‌های بالاتر از ۰/۰۱۶۶، رطوبت نسبی هوای خروجی از سیستم تقریباً ۱۰۰ درصد بوده و شرایط محیط را از شرایط آسایش خارج می‌کند و



شکل ۵. تأثیر نسبت رطوبت هوای ورودی بر دما و رطوبت نسبی هوای خروجی [۹]

شکل ۴. تأثیر نسبت رطوبت هوای ورودی بر ضریب عملکرد و ظرفیت سرمایش [۹]

چون ایران، که تنوع آب‌وهوایی زیادی دارند، جایگاه ویژه‌ای می‌توانند داشته باشند. گفتنی است که عملکرد این سیستم به پارامترهایی چون دما و رطوبت هوا بستگی دارد و در مناطق گرم و خشک بهتر از مناطق گرم و مرطوب می‌باشد. با افزایش دمای هوای ورودی، ضریب عملکرد و ظرفیت سرمایشی سیستم افزایش می‌یابند و همان‌گونه که انتظار می‌رفت با افزایش نسبت رطوبت هوای ورودی، ضریب عملکرد و ظرفیت سرمایشی نیز کاهش می‌یابند. در بررسی‌ای که برای شهرهای مختلف ایران انجام شد، استفاده از این سیستم، به‌علت پایین بودن نسبت رطوبت، در اکثر نقاط ایران ممکن است و شرایط آسایش را فراهم می‌کند. در شهرهایی با دمای بالا و نسبت رطوبت پایین،

در این مقاله سیکل تبرید تبخیری غیرمستقیم نقطه شبنم (میسوتسنکو) در نرم‌افزار ایزه شبیه‌سازی و قانون اول ترمودینامیک برای متغیرهای مختلف بررسی شده است. همچنین امکان استفاده از این سیستم در شهرهای مختلف ایران برای برقراری شرایط آسایش مطالعه شده است. نتایج به‌دست آمده از بررسی‌ها به‌شرح ذیل می‌باشند:

بر خلاف کولرهای تبخیری متداول (مستقیم) که به‌علت افزایش رطوبت هوای مورد نظر فقط در مناطق گرم و خشک به‌کار می‌روند، کولرهایی که براساس سیکل میسوتسنکو کار می‌کنند چون مقدار رطوبت هوا را افزایش نمی‌دهند، علاوه بر مناطق گرم و خشک در مناطق گرم و مرطوب نیز قابل استفاده‌اند، به‌همین دلیل در کشورهای

ضریب عملکرد این سیستم بسیار بالاست و با مصرف کمترین مقدار انرژی و تولید کمترین میزان آلودگی برای محیط زیست، شرایط مطلوب را برای محیط زندگی و کار فراهم می‌نماید. در شهرهایی چون گرگان، اهواز و جز این‌ها نیز، که نسبت رطوبت بالایی دارند، این سیستم از کارایی خوبی برخوردار است و می‌توان برای تأمین شرایط آسایش از آن استفاده کرد. اما در مقایسه با شهرهایی چون آبادان، اصفهان، شیراز و یزد مصرف انرژی این سیستم تقریباً ۴۰ درصد بالاتر بوده و تولید دی اکسید کربن نیز ۴۰

درصد افزایش می‌یابد. مهم‌ترین نتیجه‌گیری این بررسی پی‌بردن به کارایی بسیار بالای این سیستم در مناطق گرم و خشک با تولید کمترین میزان آلاینده‌گی است که دیگر سیستم‌های تبرید فاقد این مزیت می‌باشند. در شهری چون آبادان با دمای هوای ۴۵ درجه سانتی‌گراد، این سیستم با مصرف انرژی ۴۰ درصد پایین‌تر از شهر گرگان با دمای هوای ۳۵ درجه، نشان از مزیت این سیستم در استفاده از انرژی نهان موجود در طبیعت برای ایجاد شرایط آسایش می‌باشد.

جدول ۱. شرایط آب و هوایی شهرهای مختلف ایران [۱۰]

شهر	دمای حباب خشک (درجه سانتی‌گراد)	دمای حباب تر (درجه سانتی‌گراد)	دمای نقطه شبنم (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	اختلاف دمای حباب خشک و دمای نقطه شبنم (درجه سانتی‌گراد)	نسبت رطوبت
آبادان	۴۵/۵۶	۲۳/۷۳	۱۳/۲۹	۱۵/۴۷	۳۲/۲۹	۰/۰۰۹۶۴۹
اردبیل	۲۹/۷۲	۲۰/۲۶	۱۶/۳۱	۴۴/۳۴	۱۳/۴۱	۰/۰۱۱۷۴
اصفهان	۳۶/۹۴	۱۶/۱۱	۲/۳۵	۱۱/۴۸	۳۴/۵۹	۰/۰۰۴۵۰۴
اهواز	۴۶/۳۹	۲۷/۷۸	۲۱/۵۴	۲۵/۶۶	۲۴/۸۵	۰/۰۱۶۸۹
بندرعباس	۴۰/۵۶	۳۱/۳۹	۲۹/۷۴	۵۴/۰۳	۱۰/۸۲	۰/۰۲۶۶۶
تبریز	۳۳/۸۹	۱۷/۹۹	۹/۹	۲۳/۷۵	۲۳/۹۹	۰/۰۰۷۹۱۸
تهران (تجربیش)	۳۵/۵۶	۲۳/۴۶	۱۹/۳۶	۳۶/۶۹	۱۶/۲	۰/۰۱۲۵۴
تهران (نارمک)	۳۴/۴۴	۱۹/۰۲	۱۱/۳۸	۲۴/۶۶	۲۳/۰۶	۰/۰۰۸۴۸۴
رشت	۳۱/۹۴	۲۵/۷۳	۲۳/۶۱	۶۱/۳۱	۸/۳۳	۰/۰۱۸۶۳
ساری	۳۳/۶۱	۲۶/۱۳	۲۳/۶۳	۵۵/۸۹	۹/۹۸	۰/۰۱۸۶۶
سمنان	۳۸/۳۳	۲۱/۲۶	۱۳/۳۷	۲۲/۰۵	۲۴/۹۶	۰/۰۰۹۴
سنندج	۳۶/۹۴	۱۷/۶۲	۶/۵۷	۱۵/۵	۳۰/۳۷	۰/۰۰۶۰۹۶
شیراز	۳۸/۰۶	۱۵/۹۶	۱/۰۳۳	۱۰/۱۱	۳۶/۹۶	۰/۰۰۴۲۱۳
کرج	۳۵/۵۶	۱۷/۷۷	۸/۶	۲۰/۴۷	۲۶/۹۶	۰/۰۰۷۴۸۱
کرمان	۳۶/۳۹	۱۵/۴	۱/۶۵۶	۱۱/۴۱	۳۴/۷۳	۰/۰۰۴۳۴۲
گرگان	۳۵	۲۵/۲۶	۲۱/۸	۴۶/۲۷	۱۳/۲	۰/۰۱۶۶۳
قزوین	۳۵/۲۸	۱۹/۳۵	۱۱/۲۱	۲۲/۵۸	۲۴/۰۷	۰/۰۰۸۱۲۴
مشهد	۳۵/۲۸	۲۰/۷۱	۱۴/۰۴	۲۸	۲۱/۲۴	۰/۰۱۰۱۲
یزد	۴۰	۱۸/۳۳	۵/۳۶	۱۲/۰۸	۳۴/۶۴	۰/۰۰۴۲



## ۷. مأخذ

- [1] Perez-Lombard, L., J. Ortiz, et al. "A review on buildings energy consumption information." *Energy and Buildings*, vol. 40, 2008, pp. 394-398.
- [2] Petroleum, B., *BP statistical review of world energy*, London, UK, June 2009.
- [3] Jiang, Y. "Chinese building energy consumption situation and energy efficiency strategy." *New Architecture* (in Chinese), 2008.
- [4] ASHRAE, *ASHRAE Handbook Heating, Ventilating, and Air-Conditioning systems and equipment: inch-pound edition*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 1996.
- [5] Maisotsenko, V., L. Gillan. *Method and apparatus for dew point evaporative product cooling*, U.S. Patent. United States, Idalex Technologies, Inc., 6776001, 2004.
- [6] Idalex Technologies, *The Maisotsenko cycle – conceptual: A technical concept view of the Maisotsenko cycle*, 2003, from <http://www.idalex.com> (accessed August 23, 2014).
- [7] Zhiyin Duan, *Investigation of a Novel Dew Point Indirect Evaporative Air conditioning System for Buildings*, September 2011, p. 26.
- [8] NREL, National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy by Midwest Research Institute, Battele, Bechtel. <http://www.nrel.gov> (accessed August 23, 2014).

- [۹] قربانی فعال، صنوبر. "تحلیل و بهینه‌سازی ترمودینامیکی سیکل میسوتسنکو." مهندسی مکانیک، شهریور ۱۳۹۲.
- [۱۰] رزاقی اصفهانی، محمدرضا. راهنمای کامل نرم‌افزار Carrier (HAP)، تهران: انتشارات مریم پورزند وکیل، ۱۳۸۶.

## پی‌نوشت

1. HVAC
2. product
3. working
4. dry working air channel

5. National Renewable Energy Laboratory (NREL), <http://www.nrel.gov> (accessed August 23, 2014)
6. EES®

**مرکز آموزش جهاد دانشگاهی**  
برگزاری کنده:  
دوره‌های آموزشی نرم افزارهای طراحی، مهندسی، ساخت و تولید به کمک کامپیوتر

**دوره‌های تخصصی مهندسی مکانیک**  
Catia 5i, Ansys9, Carrier, CNC, CadWorx, Auto Plant

**دوره‌های تخصصی مهندسی برق**  
Protel, Matlab, LabView, Orcad

**دوره‌های تخصصی مهندسی صنایع**  
MSP, SPSS, Primavera, مدیریت و کنترل پروژه

**SolidWorks, Pro/E, PowerMILL, powerShape**

**Pro/ENGINEER**      **Mechanical Desktop**

**Solid Works**      **Matlab**      **Power MILL**

**Auto cad**      **ANSYS**      **Edge CAM**

**Fluent - Gambit**      **Surf CAM**      **CATIA**

آگاهد پرکنارن دوره‌های آموزش جهت مراکز، همسایگان و کارخانجات

آدرس: خیابان حافظ، روبروی دانشگاه صنعتی امیر کبیر، کوچه آرژانتین، پلاک ۲  
تلفن: ۸۸۸۰۷۰۰۸، ۸۸۸۹۲۱۴۴، ۸۸۸۹۵۹۶۹

