

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL
پروپوزال

مركز آموزش
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



مركز آموزش
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

کارگاه آنلاین
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



مركز آموزش
آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

بررسی عوامل موثر در طراحی برج خنک کننده تر جریان مخالف

محمد رضا صامری، دانشجوی ارشد مکانیک تبدیل انرژی، دانشگاه بین المللی امام خمینی؛ mohammadrezasaremi1@gmail.com

مهدی میرصفری، دانشجوی کارشناسی مکانیک، دانشگاه بین المللی امام خمینی؛ Mahdimirsafari@gmail.com

سید عباس سکاک، عضو هیئت علمی، دانشگاه بین المللی امام خمینی؛ sadatsakak@gmail.com

منصور خانکی، عضو هیئت علمی، دانشگاه بین المللی امام خمینی؛ khanaki.m@gmail.com

چکیده

هدف از این مقاله بررسی عملکرد عوامل موثر در طراحی برج خنک کننده تر وهم چنین کارایی و "درجه دشواری" برج (NTU) در شرایط مختلف محیطی و کاری می باشد. به این منظور عوامل مختلف ترمودینامیکی که در عملکرد برج خنک کننده اثر دارد، یک به یک بررسی شده و با استفاده از نرم افزار EES نمودار تغییرات کارایی و درجه دشواری بر حسب آن عوامل رسم شده است. با تحلیل این نمودارها می توان شرایط بهینه برای عملکرد برج خنک کننده را پیدا کرد، لذا برای هر عامل این تحلیل در پایان مدل سازی صورت گرفته است.

کلمات کلیدی: برج خنک کننده- برج خنک کننده تر- اجزا- انواع- مقایسه

انواع- کارایی- NTU- مدل سازی با EES

معادلات مربوط به برج خنک کن

پیش از قرن ۱۹ تئوری های زیادی برای تشریح انتقال حرارت و جرم که در برج های خنک کن اتفاق می افتد، توسعه یافته اند [1]. برج خنک کن را می توان یک مبدل حرارتی در نظر گرفت که در آن آب و هوا با یکدیگر تماس مستقیم دارند. فرآیند دقیق انتقال حرارت و جرم در تماس مستقیم یک مبدل حرارتی، به طور مبسوط معلوم نیست، اما نتایج را می توان در فرمول بندی بکار برد که ارزیابی و پیش بینی عملکرد برج را تحت اغلب شرایط حاکم انجام دهد. پس بکار بردن تجربه و پژوهش در تحلیل برج های خنک کننده را می توان کلید اصلی نامید.

محاسبه ی مقدار ظرفیت حرارتی برج خنک کننده

مقدار گرمایی که در برج خنک کن دفع می شود از رابطه زیر بدست

می آید:

$$\text{HeatLoad} = C_w L \Delta T \quad (1)$$

مقدار تبخیر به سطح بر خورد آب با هوا و همچنین شدت جریان هوا بستگی دارد. برای اینکه حداکثر بهره برداری که در طرح آن بکار رفته است رعایت شود در برجهای خنک کننده که آکنه های آن از نوع splash packing می باشد آب به صورت قطره هایی در سطوح برج پخش می شود تا سطح وسیعی بوجود آید، البته برای این منظور می توان از آکنه های نوع film packing نیز استفاده کرد [9].

مقدار تخلیه لازم در برج برای کنترل مواد محلول و معلق مجاز را

می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$M = (B+W) * C \quad (2)$$

مقدار آبی که باد همراه خود از برج خارج می سازد در رابطه بالا منفی است، زیرا آب مواد محلول و معلق را نیز با خود می برد. بنابراین تاثیر در غلظت و بالا بردن املاح آب ندارد.

محاسبه ی مقدار آب لازم جهت کسری برج خنک کننده

مقدار آب لازم جهت کسری برج از رابطه زیر بدست آورد:

$$\text{MAKE UP} = E + B + W \quad (3)$$

مقدمه

در اکثر کارخانجات کوچک و بزرگ یکی از مهمترین و اساسی ترین دستگاهها انواع برجهای خنک کننده هستند. بیشتر دستگاههای خنک کن از یک مدار بسته تشکیل شده اند که آب در این دستگاهها نقش جذب، دفع و انتقال گرما را به عهده دارد، یعنی گرمای بوجود آمده توسط ماشین جذب و از دستگاه دور می سازد. این کار باعث ادامه کار یکنواخت و پایداری دستگاه می شود. در دستگاههایی که به دلایلی مجبوریم آب را به گردش در آوریم و یا به کار ببریم باید به نحوی گرمای آب را دفع کرد. با بکار بردن برجهای خنک کننده این کار انجام می گیرد. همچنین در تمام کارخانه ها تعداد زیادی مبدل حرارتی^۱ وجود دارد که در بیشتر آنها آب عامل سرد کنندگی است. برج خنک کننده دستگاهی است که با ایجاد سطح وسیع تماس آب با هوا تبخیر آسان می کند و باعث خنک شدن سریع آب می گردد. عمل خنک شدن در اثر از دست دادن گرمای نهان تبخیر انجام می گیرد، در حالی که مقدار کمی آب تبخیر می شود و باعث خنک شدن آب می گردد. باید توجه داشت آب مقداری از گرمای خود را به طریق تشعشع، هدایتی و جابجایی و بقیه از راه تبخیر از دست می دهد [2].

¹ heat exchanger

L_1 دبی آب ورودی ($lb/hr.ft^2$)، L_2 دبی آب خروجی ($lb/hr.ft^2$) می باشند.

$$L_1 - L_2 = G (w_2 - w_1) \quad (7)$$

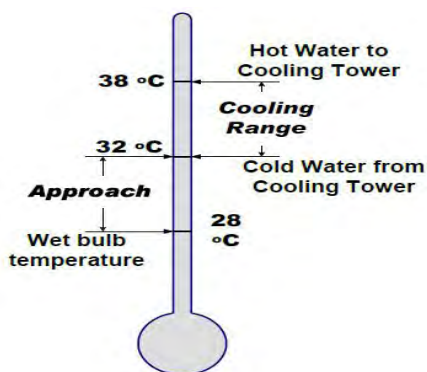
که در آن w_1 رطوبت مخصوص هوای ورودی، w_2 رطوبت مخصوص هوای خروجی، می باشند. در نهایت به معادله ی ساده شده ی زیر می رسمیم:

$$h_2 = h_1 + \frac{L}{G}(T_1 - T_2) \quad (8)$$

در نتیجه انتالپی هوای خروجی برج برابر حاصل جمع انتالپی هوای ورودی و انتالپی اضافه شده از طریق آب به هوا ($L/G(T_1 - T_2)$) می باشد. Approach و Range به صورت زیر تعریف می شوند:

اختلاف دمای خروجی و دمای مرطوب هوا Approach = $T_2 - T_{wb}$

اختلاف دمای ورودی و خروجی آب Range = $T_1 - T_2$



شکل 2: Approach و Range

مقدار مشخصه ی برج را می توان به راحتی و بدون نیاز به انتگرال گیری با روش عددی زیر بدست آورد: (9)

$$\frac{KaV}{L} = \int_{T_2}^{T_1} \frac{dT}{h_w - h_a} = \frac{T_1 - T_2}{4} \left(\frac{1}{\Delta h_1} + \frac{1}{\Delta h_2} + \frac{1}{\Delta h_3} + \frac{1}{\Delta h_4} \right)$$

که در آن

Δh_1 مقدار $h_w - h_a$ در دمای $T_2 + 0.1(T_1 - T_2)$

Δh_2 مقدار $h_w - h_a$ در دمای $T_2 + 0.4(T_1 - T_2)$

Δh_3 مقدار $h_w - h_a$ در دمای $T_2 + 0.6(T_1 - T_2)$

Δh_4 مقدار $h_w - h_a$ در دمای $T_2 + 0.9(T_1 - T_2)$ می باشند.

مقدار KaV/L که تنها با استفاده از دماها و دبی های ورودی به برج خنک کن بدست آمد، 3NTU نامیده می شود و نسبت به اندازه و شکل برج نیز مستقل می باشد.

به NTU درجه دشواری نیز می گویند، زیرا با افزایش آن، سطح انتقال حرارت یا مقدار جریان هوا باید افزایش یابد که موجب گرانتز شدن برج هم می شود.

جریان هوا در برج به صورت کشش طبیعی با استفاده از دودکش های هذلولی شکل یا کشش مکانیکی بوسیله فن های مناسب در جهت مخالف آب¹ و یا به طور متقاطع² با آن به جریان می افتد.

مدلسازی انتقال حرارت با تئوری مرکل

هر سطحی از آب را لایه ی نازکی از هوا دربر می گیرد. حرارت محسوس و نهان از قطرات آب به هوای اطراف منتقل می شود. هوا در عبور از برج گرم و اشباع می شود. دما و خواص فیزیکی مربوط به آب و هوا بنابر موقعیت نسبی شان تغییر می کند [3]. مرکل نشان داد که انتقال حرارت کل مستقیماً متناسب است با اختلاف انتالپی هوای اشباع در دمای آب و انتالپی هوا در نقطه ی تماس با آب.

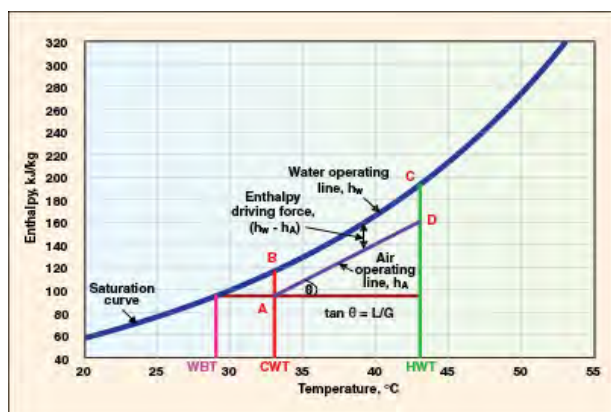
$$Q = K S (h_w - h_a) \quad (4)$$

انتقال گرما از سوی هوا برابر است با $Q = G(h_2 - h_1)$ ، که G دبی هوا ($lb/hr.ft^2$)، h_1 انتالپی هوای ورودی (Btu/lb dry air)، h_2 انتالپی

این انتقال حرارت می تواند با رابطه ی مرکل مدلسازی شود:

$$\frac{KaV}{L} = \int_{T_2}^{T_1} \frac{dT}{h_w - h_a} \quad (5)$$

KaV/L مشخصه ی برج می باشد که در آن L دبی جرمی آب ($lb/hr.ft^2$) می باشد.



شکل 1: نمودار انتالپی-دما برای فرایند تبادل حرارت بین قطره آب و هوا ترمودینامیک نشان می دهد که حرارت دفع شده از آب باید برابر حرارت جذب شده توسط هوای محیط باشد:

$$\text{Heat in} = \text{Heat out}$$

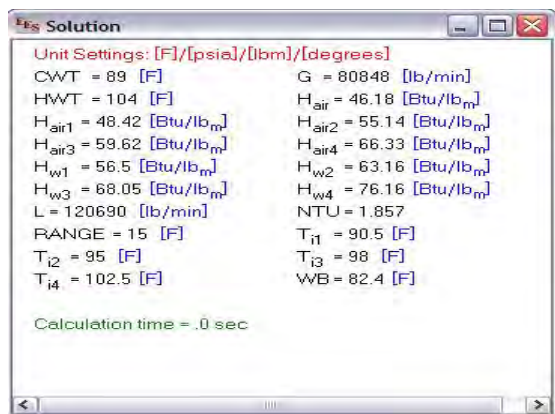
$$\text{Water heat in} + \text{Air heat in} = \text{Water heat out} + \text{Air heat out}$$

$$C_w L_1 T_1 + G h_1 = C_w L_2 T_2 + G h_2 \quad (6)$$

¹ counter-flow

² cross-flow

³ Number of Transfer Unit

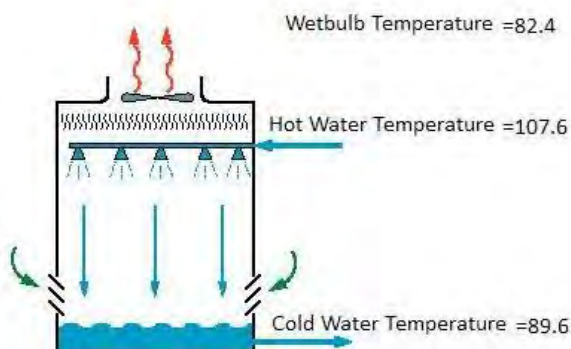


شکل 3: نمایش خروجی نرم افزار

همانطور که مشاهده می شود مقدار NTU=2.021 محاسبه شده است.

محاسبه ی کارایی

کارایی برج خنک کننده را که بیان کردیم برای شرایط زیر محاسبه می کنیم.



شکل 4: شرایط طرح برای محاسبه ی کارایی

پس از اجرای برنامه و انجام محاسبات، پنجره ی پاسخ نمایان می شود. مقدار $\epsilon=71.43$ محاسبه شده است.

مدلسازی و بررسی تاثیر تغییر پارامترهای مختلف روی همدیگر به کمک EES

در این بخش تاثیر پارامترهای دمای مرطوب هوا، نسبت مایع به گاز و اختلاف دمای ورود و خروج آب در برج خنک کننده را بر انتالیی هوای خروجی، درجه ی دشواری و کارایی را بررسی می کنیم.

دمای مرطوب محیط

کمترین دمای ممکن برای خنک شدن آب در یک برج خنک کننده تر، برابر با دمای تر هوا یا دمای اشباع آدیاباتیک می باشد. در عمل هیچ گاه این دما حاصل نمی شود و معمولا دمای نهایی آب حدود ۷ درجه فارنهایت بیشتر از دمای تر هوا در همان زمان خواهد بود. دمای مرطوب محیط یکی از عواملی است که بر ما تحمیل می شود و بستگی به آب و هوای آن شهر دارد. برای

کارایی یک برج خنک کننده به صورت، نسبت Range واقعی به Range ایده آل تعریف می شود. با ضرب این نسبت در عدد ۱۰۰، کارایی را به صورت درصد بیان می کنند [8].

$$\text{effective} = \frac{\text{Range}}{\text{Range} + \text{Approach}} \times 100 \quad (10)$$

همچنین با جایگذاری مقادیر Range و Approach می توانیم کارایی را به فرم ساده تر زیر بنویسیم:

$$\text{effective} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_{WB}} \times 100 \quad (11)$$

عوامل مؤثر در طراحی برج های خنک کننده

برج های خنک کننده در صنعت فقط یک جزء از اجزای بسیار سیکل های صنعتی می باشند، که معمولا برای خنک کردن سیال واقع در کندانسور به کار می روند. از این رو تعدادی از پارامترهایی که بر عملکرد برج خنک کننده تاثیر دارد، بر سیستم برج خنک کن ما توسط سیکل اصلی و سایر دستگاه های مرتبط تحمیل می شود [7]. شرایط آب و هوایی هم به همین صورت بوده و طراح نمی تواند در آن تغییری ایجاد کند. لذا طراح بایستی با توجه به شرایط آب و هوایی و با توجه به دستگاه های مرتبط با برج خنک کننده و سایر ویژگی های خاص هر پروژه، از بین انواع مختلف برج خنک کننده، بهترین نوع را از نظر قیمت، بازده و ... انتخاب کند. عوامل ترمودینامیکی مؤثر در طراحی برج های خنک کننده را بطور خلاصه می توان بصورت زیر بیان کرد:

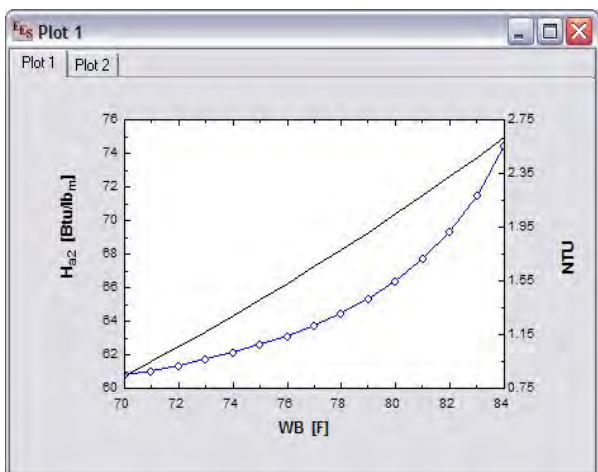
۱. دمای مرطوب محیط یا اختلاف بین درجه حرارت آب سرد و درجه حرارت مرطوب هوا
۲. نسبت دبی جرمی آب به هوا
۳. اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج

مدلسازی انتقال حرارت در برج خنک کن در EES

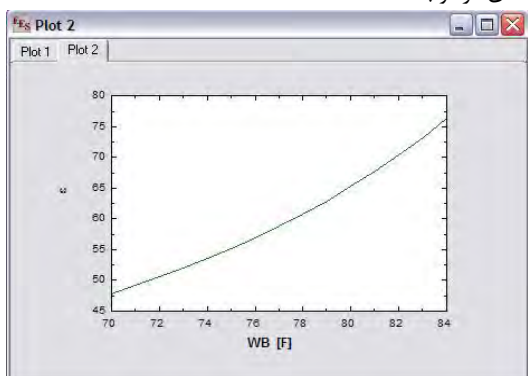
در این بخش، متغیرهای خروجی مهم در برج خنک کننده را محاسبه می کنیم. دانستن مقادیر این متغیر ها برای طراحی یا ارزیابی عملکرد برج های خنک کننده ضروری می باشند.

محاسبه ی NTU

همان شرایط طرح مثال [5] قبل را در نظر می گیریم و NTU را برایش محاسبه می کنیم:



شکل 6: نمودار تغییرات درجه دشواری و انتالپی هوای خروجی بر حسب دمای مرطوب



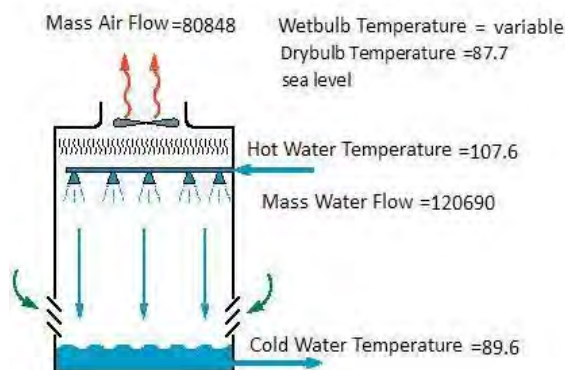
شکل 7: نمودار تغییرات کارایی بر حسب دمای مرطوب

تحلیل نتایج: وقتی دمای تر افزایش یابد در واقع h_{a1} زیاد می شود که طبق رابطه $h_2 = h_1 + \frac{L}{c} (T_1 - T_2)$ انتالپی هوای خروجی افزایش می یابد.

طبق رابطه $Approach = CWT - WB$ افزایش دمای مرطوب هوا در حالی که سایر شرایط دستخوش تغییر نشوند، موجب کاهش $Approach$ و در نتیجه کاهش $h_w - h_a$ می شود. طبق رابطه با کاهش $h_w - h_a$ مقدار "درجه دشواری" (NTU) افزایش می یابد. به عبارت دیگر میزان انتقال حرارت کاهش یافته است و برای جبران بایستی سطح انتقال حرارت را افزایش داد (افزایش پکینگ ها) و یا دبی هوا را بیشتر کرد (افزایش قدرت دور الکتروموتور) که هر دو این نتایج موجب افزایش قیمت ساخت برج می شوند.

همچنین مشاهده می شود که با افزایش دمای مرطوب هوا یا کاهش $Approach$ ، همانطور که طبق رابطه انتظار داشتیم، کارایی برج افزایش می یابد. همچنین مشاهده می شود که با افزایش دمای مرطوب هوا یا کاهش $Approach$ ، همانطور که طبق رابطه انتظار داشتیم، کارایی برج افزایش می یابد.

بررسی اثر دمای تر هوا بر عملکرد برج خنک کننده، یک برج خنک کننده با شرایط زیر را در نظر می گیریم، که در آن تمامی عوامل موثر بر عملکرد برج را ثابت در نظر گرفته ایم و فقط دمای مرطوب را یک بازه در نظر گرفته ایم.



شکل 5: شرایط طرح برای حالت بررسی اثر تغییر دمای مرطوب بر عملکرد برج خنک کننده

شرایط طرح:

دمای خشک محیط: ۸۷/۷ درجه فارنهایت

ارتفاع سایت: سطح دریا

دبی آب در حال گردش: ۱۲۰۶۹۰ پاند در ساعت

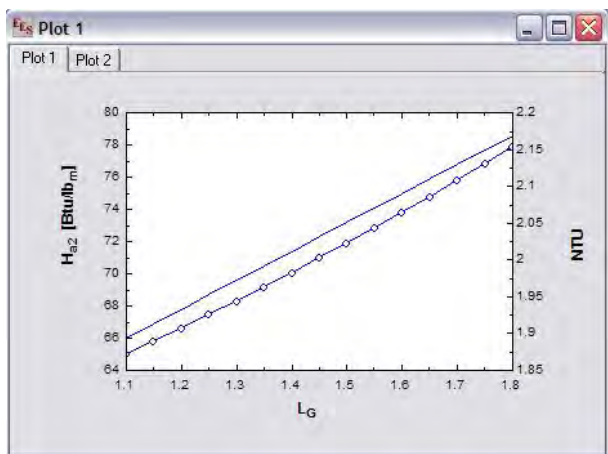
دبی جریان هوا: ۸۰۸۴۸ پاند در ساعت

دمای آب ورودی: ۱۰۷/۶ درجه فارنهایت

دمای آب خروجی: ۸۹/۶ درجه فارنهایت

دمای مرطوب محیط: ۷۰ الی ۸۴ درجه فارنهایت

لازم به ذکر است که دمای مرطوب به صورت دنباله در جدول تعریف می کنیم، همچنین مقادیر انتالپی هوای خروجی، NTU و کارایی نیز در جدول می آوریم تا بتوان نمودار تغییرات این سه را بر حسب دمای مرطوب رسم کرد.

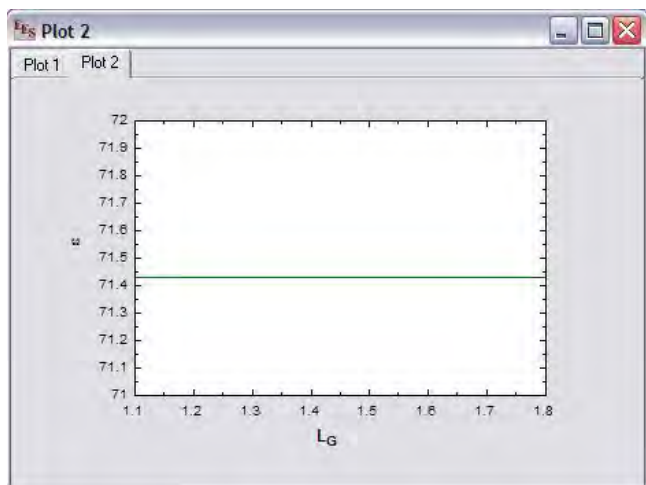


شکل 9: نمودار تغییرات درجه دشواری و انتالپی هوای خروجی بر حسب نسبت مایع به گاز

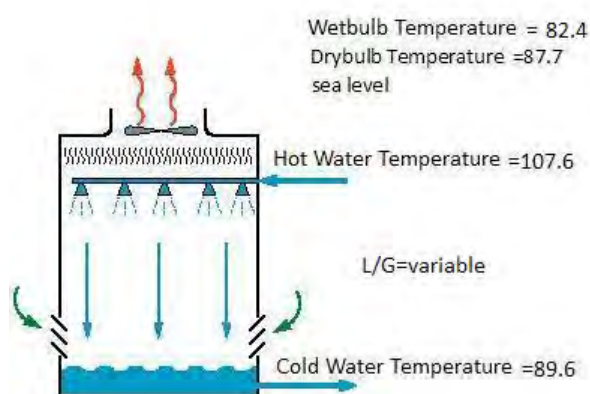
نتیجه نهایی: هر چه دمای مرطوب هوای شهری که برج خنک کن در آنجا نصب می شود پایین تر باشد، عملکرد برج خنک کننده بهتر خواهد بود و می توان از برج کوچکتر و ارزاتری استفاده کرد

نسبت دبی جرمی آب به هوا:

همانطور که قبل بیان شد، به نسبت L/G ، نسبت دبی جرمی آب به هوا و یا نسبت مایع به گاز می گویند. این نسبت عددی بی بعد می باشد [11]. برای بررسی اثر نسبت دبی جرمی آب به هوا بر عملکرد برج خنک کننده، یک برج خنک کننده با شرایط زیر را در نظر می گیریم که در آن تمامی عوامل موثر بر عملکرد برج را ثابت در نظر گرفته ایم و فقط نسبت دبی جرمی آب به هوا را یک بازه در نظر گرفته ایم.



شکل 10: نمودار تغییرات کارایی بر حسب نسبت دبی جرمی آب به هوا



شکل 8: شرایط طرح برای حالت بررسی اثر تغییر نسبت مایع به گاز بر عملکرد برج خنک کننده

شرایط طرح:

- دمای خشک محیط : ۸۷/۷ درجه فارنهایت
- ارتفاع سایت : سطح دریا
- دمای آب ورودی : ۱۰۷/۶ درجه فارنهایت
- دمای آب خروجی : ۸۹/۶ درجه فارنهایت
- دمای مرطوب محیط : ۸۴/۲ درجه فارنهایت
- نسبت L/G : بازه ی ۱/۱ الی ۱/۸

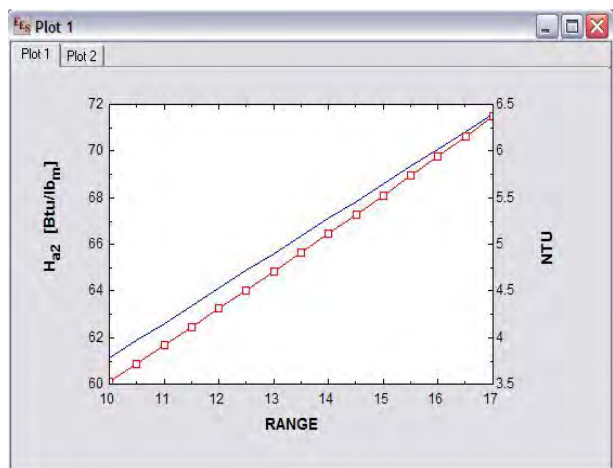
تحلیل نتایج: همانطور که در شکل های (۹) و (۱۰) مشاهده می شود، با افزایش نسبت دبی جرمی آب به هوا کارایی برج تغییری نمی کند اما میزان NTU و انتالپی هوای خروجی از برج خنک کننده افزایش می یابد که برای جبران آن بایستی سطح انتقال حرارت را افزود.

با افزایش نسبت دبی جرمی آب به هوا طبق رابطه ی $h_2 = h_1 + \frac{L}{G}(T_1 - T_2)$ انتالپی هوای خروجی افزایش می یابد.

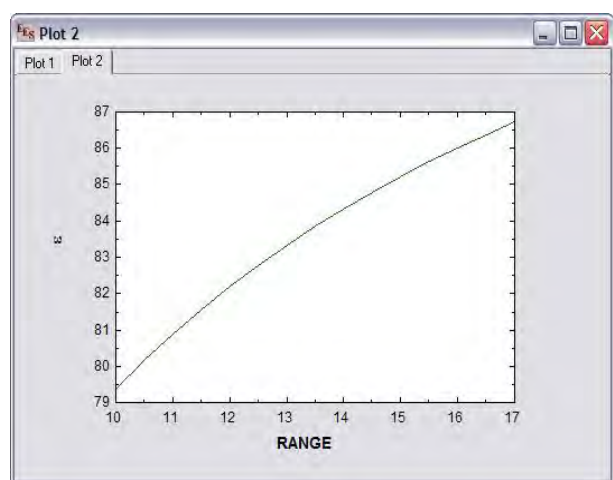
همچنین مشاهده می شود که با افزایش نسبت دبی جرمی آب به هوا، همانطور که طبق رابطه ی (22) انتظار داشتیم، کارایی برج تغییری نمی یابد، زیرا طبق این رابطه کارایی برج خنک کننده مستقل از نسبت دبی جرمی آب به هوا می باشد.

با افزایش نسبت دبی جرمی آب به هوا طبق رابطه ی $NTU = C.FH(L/G)^n$ (که C و n اعداد ثابتی هستند که از آزمایش بدست می آیند و FH ارتفاع پرکن می باشد) مقدار درجه ی سختی برج

لازم به ذکر است که نسبت مایع به گاز را به صورت دنباله در جدول تعریف می کنیم، همچنین مقادیر انتالپی هوای خروجی، NTU و کارایی نیز در جدول می آوریم تا بتوان نمودار تغییرات این سه را بر حسب نسبت دبی جرمی آب به هوا رسم کرد.



شکل 12: نمودار تغییرات درجه دشواری و انتالپی هوای خروجی بر حسب اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده



شکل 13: نمودار تغییرات کارایی بر حسب اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده

تحلیل نتایج: همانطور که در شکل ها مشاهده می شود، با افزایش اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده کارایی برج افزایش می یابد، همچنین میزان NTU و انتالپی هوای خروجی از برج خنک کننده افزایش می یابد که برای جبران آن بایستی سطح انتقال حرارت را افزود.

با افزایش اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده طبق رابطه

$$h_2 = h_1 + \frac{L}{G} (T_1 - T_2)$$

می یابد، که همانطور که مشاهده می شود با پیش بینی ما همخوانی دارد.

میزان درجه ی سختی نیز با افزایش اختلاف دمای آب ورودی و خروجی

$$NTU = \int_{T_2}^{T_1} \frac{dT}{hw - ha}$$

می یابد. با افزایش درجه سختی طبق رابطه ی $NTU = \frac{KaV}{L}$ سطح

پرکن ها افزایش می یابد، لذا هزینه و ابعاد و زمان ساخت افزایش می یابد.

همچنین مشاهده می شود که با افزایش اختلاف دمای آب ورودی و

خروجی برج خنک کننده، همانطور که طبق رابطه ی (22) انتظار داشتیم

، کارایی برج افزایش می یابد. این افزایش همانطور که از رابطه (22) مشخص

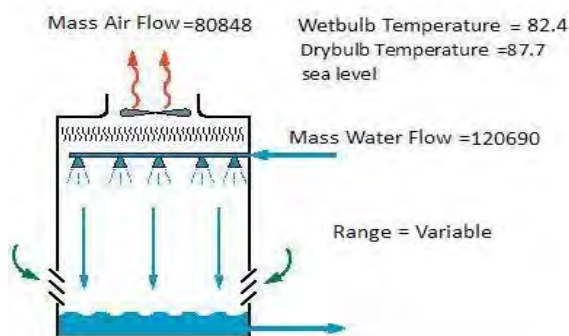
است با نرخ کاهنده افزایش می یابد.

افزایش می یابد، لذا سطح انتقال حرارت و هزینه افزایش می یابد و نیز زمان انجام پروژه طولانی تر می شود.

نتیجه نهایی: هرچه نسبت دبی جرمی آب به هوا کمتر باشد، سطح انتقال حرارت کم تر می شود (پرکن کوچک تر و بدنه کوچک تر و کاهش وزن برج و هزینه و زمان ساخت)، باید تا جای ممکن و تا جایی که شرایط پروژه به ما اجازه بدهد این نسبت را کاهش داد. کاهش این نسبت از دو طریق امکان پذیر است. یکی کاهش دبی آب که موجب کاهش قطر لوله های پاشش آب، استفاده از نازل های کوچک تر، پمپ ضعیف تر و کم شدن هزینه ی اتصالات می شود. دیگری افزایش دبی هوا می باشد که موجب استفاده از الکترو موتور و فن قوی تر می شود. در نهایت باید مقدار بهینه برای دبی ها توسط طراح انتخاب گردد.

اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده

اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده توسط سیستمی که برج خنک کننده قرار است در آن کار کند تعیین می شود. در این بخش بررسی می کنیم که تغییر این مقدار چه اثری می تواند بر عملکرد برج داشته باشد. برای بررسی اثر اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده بر عملکرد آن، یک برج خنک کننده با شرایط زیر را در نظر می گیریم، که در آن تمامی عوامل موثر بر عملکرد برج را ثابت در نظر گرفته ایم و فقط اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده را یک بازه در نظر گرفته ایم.



شکل 11: شرایط طرح برای حالت بررسی اثر تغییر اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده بر عملکرد آن

لازم به ذکر است که اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده را به صورت دنباله در جدول تعریف می کنیم، همچنین مقادیر انتالپی هوای خروجی، NTU و کارایی نیز در جدول می آوریم تا بتوان نمودار تغییرات این سه را بر حسب اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده رسم کرد.

بارحرارتی وارده به برج افزایش یابد، بایستی سطح انتقال حرارت بیشتر یا الکتروموتور قوی تری بکار برد که موجب افزایش هزینه می شود.

نتیجه نهایی: هرچه اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده بیشتر باشد (به عبارتی دیگر بارحرارتی وارده به برج افزایش یابد)، بایستی سطح انتقال حرارت بیشتر یا الکتروموتور قوی تری بکار برد که موجب افزایش هزینه می شود.

فهرست علائم

A	مساحت (m^2)
c_p	گرمای ویژه در فشار ثابت ($kJ/kg K$)
Q	انتقال گرما
G	دبی هوا ($lb/hr.ft^2$)
h	انتالپی هوای ورودی ($Btu/lb dry air$)
FH	ارتفاع پرکن
L	دبی جرمی آب ($lb/hr.ft^2$)
w	رطوبت مخصوص هوای

علائم یونانی

α	ضریب جذب
ρ	چگالی (kg/m^3)

زیرنویسها

heat exchanger	مبدل حرارتی
counter-flow	جهت مخالف
cross-flow	جهت متقاطع
cop	ضریب عملکرد

بالانویسها

مراجع

منابع و مآخذ

- [۱] ابراهیمی ق، مهندسی برج های خنک کننده (تر). چاپ اول انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۷۹.
- [2] نورمن هریس، تهویه مطبوع، ترجمه ی مهندس محمد باقر پورسید. انتشارات نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۸۳.

[۳].Cooling Tower Technical Site of Daeil Aqua Co., Ltd. For Cooling Tower Engineers, Operators and Purchasers : موجود برای دانلود در،
che.sharif.ir/~heatlab/Lab/Benefit%20Book%20&%20Journal/Benefit%20book/Cooling%20Tower%20Thermal%20Design%20Manual.pdf

بحث بر روی نتایج

از مقالات مرتبط در این زمینه که اخیرا ارائه شده است،مقاله ای درباره بررسی عملکرد برج خنک کننده تر مدار بسته می باشد که با روش همانند سازی انتقال حرارت و جرم انجام شده است. در برج های خنک کننده مدار بسته انتقال حرارت بین هوا و سطح خارجی لوله ها می تواند به صورت انتقال حرارت محسوس و نهان در نظر گرفته شود.در این نوع، انتقال جرم به سرعت باد و نرخ آب درحال گردش بستگی دارد. معادلاتی برای محاسبه ی ضریب انتقال جرم بر مبنای همانندسازی انتقال حرارت و جرم و داده های تجربی ارائه می شوند. در نهایت کارایی برج خنک کننده تر مدار بسته محاسبه شده است. ولی ما در این تحقیق روابطی برای کارایی برج خنک کننده تر مدار باز ارائه کردیم.

تحقیق دیگری که در این زمینه به انجام رسیده است، مقاله ای درباره ی بررسی تئوری و محاسباتی برج خنک کننده تر با مدار بسته می باشد که در آن برای رسیدن به ضریب عملکرد^۱ بالا، با استفاده از مقادیر تجربی، ضریب انتقال حرارت، نرخ جریان آب و هوا، تعداد لوله های آب و تعداد ردیف های آن برای بار حرارتی مشخص بهینه شده اند.

تحقیق های اخیر که در کشورمان در زمینه ی برج خنک کننده صورت گرفته است بیشتر در زمینه ی بررسی علل خوردگی برج خنک کن، کنترل عوامل مؤثر بر خوردگی و رسوب دهی در برج های خنک کننده و روشهای جلوگیری از آن می باشند.

نتیجه گیری

هر چه دمای مرطوب هوای شهری که برج خنک کن در آنجا نصب می شود پایین تر باشد، عملکرد برج خنک کننده بهتر خواهد بود و می توان از برج کوچکتر و ارزانتری استفاده کردو هرچه نسبت دبی جرمی آب به هوا کمتر باشد، سطح انتقال حرارت کم تر می شود (پرکن کوچک تر و بدنه کوچک تر و کاهش وزن برج و هزینه و زمان ساخت)، باید تا جای ممکن و تا جایی که شرایط پروژه به ما اجازه بدهد این نسبت را کاهش داد. کاهش این نسبت از دو طریق امکان پذیر است. یکی کاهش دبی آب که موجب کاهش قطر لوله های پاشش آب، استفاده از نازل های کوچک تر، پمپ ضعیف تر و کم شدن هزینه ی اتصالات می شود. دیگری افزایش دبی هوا می باشد که موجب استفاده از الکترو موتور و فن قوی تری می شود.در نهایت باید مقدار بهینه برای دبی ها توسط طراح انتخاب گردد. وهمچنین هرچه اختلاف دمای آب ورودی و خروجی برج خنک کننده بیشتر باشد (به عبارتی دیگر

¹ COP

HVACConf-1-018

اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی

[۸].Ala Hasan, Kai Siren. Theoretical and computational analysis of closed wet cooling towers and its applications in cooling of buildings. Finland,2001.

[۴].M.M.El-Wakil. Powerplant Technology. McGraw-hill, New York, 1988.

[9]نوربخش، مازیار معدولی بهبهانی، امین احمدپور. جرم گرفتگی برجهای خنک کن و روشهای جلوگیری از آن. نخستین همایش بین المللی چیلر و برج خنک کن ایران، ۱۳۸۹.

[۵].Herbert W. Stanford. HVAC Water Chillers and Cooling Towers: Fundamentals, Application and Operation. Marcel Dekker, New York, 2003.

[۱۰]www.iran-eng.com

[۶].Jonny Goyal. Effective Thermal Design of Cooling Towers. Lurgi India, 2012.

[۱۱].www.wikipedia.org

[۷]Seong-Yeon Yoo, Jin-Hyuck Kim, and Kyu-Hyun Han. Thermal performance analysis of heat exchanger for closed wet cooling tower using heat and mass transfer analogy. Daejeon, Korea, 2009.

[12]لوح فشرده آموزش برج های خنک کننده، شرکت ملی صنایع پتروشیمی

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL
پروپوزال

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI
Scopus

آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو