

تأثیر متغیرهای محیطی بر عملکرد برج‌های خنک کننده نیروگاه رامین تحت استفاده از پکینگ‌های گوناگون

امیر جودزاده^۱

کارشناسی ارشد

ابراهیم حاجی دولو^۲

استاد

در پژوهش حاضر پس از بدست آوردن نقطه کارکرد برج خنک‌کن نیروگاه رامین تحت استفاده از پکینگ‌های گوناگون، به بررسی تأثیر پارامترهای ترمودینامیکی مختلف ناشی از شرایط محیطی پرداخته شده و اثرات آن‌ها بر روی عملکرد برج در شرایط فعلی و نیز پس از تغییر پکینگ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برپایه نتایج بدست آمده می‌توان گفت افزایش دمای حباب تر محیط و به تبع آن رطوبت نسبی هوا سبب افزایش دمای آب خروجی از برج و کاهش کارایی آن می‌شود. ضمن اینکه تغییر دمای حباب خشک محیط تأثیری بر دمای آب خروجی و کارایی برج ندارد. علاوه بر آن کارایی برج تحت پکینگ‌های جدید نسبت به وضعیت فعلی ۲۰٪ افزایش می‌یابد.

واژه‌های راهنما: برج خنک‌کننده، تغییر پکینگ، دمای حباب تر، دمای حباب خشک، کارایی

۱- مقدمه

بیشترین کاربرد برج‌ها در نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها، صنایع پتروشیمی می‌باشد. اساس کار برج خنک‌کننده تماس دو فاز مایع و گاز بوده که این تماس توسط پکینگ‌ها فراهم می‌گردد. وابستگی شدید رفتار برج‌های خنک‌کننده به شرایط آب و هوایی محل مورد نظر ضرورت بررسی اثر متغیرهای محیطی را بر کارکرد برج دوچندان می‌نماید. تاکنون در راستای ارتقا و افزایش کارایی و همچنین تحلیل عملکرد برج‌های خنک‌کننده، تحقیقات بسیاری صورت پذیرفته است. اکثر قریب به اتفاق مدل‌سازی‌های انجام شده، دنباله روی از مدل ابتدایی مرکل^۳ [۲] می‌باشد که در سال (۱۹۲۵) نخستین بار معادلات دیفرانسیل اصلی را برای توصیف عملکرد برج‌های خنک‌کن ارائه نمود. لوئی و کریستی^۴ [۳] با بکارگیری تعدادی از پکینگ‌های مختلف، به محاسبه و اندازه‌گیری ضرایب انتقال حرارت و جرم پرداختند. جورج و آرماندو^۵ [۴] نیز روابطی تجربی برای ضرایب انتقال جرم و حرارت در طول برج جریان متقابل ارائه نمودند و با استفاده از مدل به کار

^۱ نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی دزفول A.joodzadeh@gmail.com

^۲ استاد، دانشکده مهندسی، گروه مکانیک، دانشگاه شهید چمران اهواز hajidae_1999@yahoo.com

^۳ Merkel

^۴ Lowe & Christie

^۵ Jorge & Armando

گرفته شده توانستند عملکرد حرارتی برج را به خوبی در خروجی آن پیش بینی کنند. لیبرون و سیلوا^۱ [۵] براساس یافته‌های تجربی خود، رابطه‌ای بین ضریب انتقال حرارت کلی و همچنین دبی‌های جرمی آب و هوای درون برج ارائه نمودند. عسام السراج^۲ [۶] اثر دمای ورودی آب و همچنین شرایط محیطی را نیز بر روی ضریب انتقال جرم بررسی نمود. لمواری و بومازا^۳ [۷ و ۸] به صورت تجربی به تحلیل همزمان پدیده انتقال جرم و حرارت میان آب و هوا پرداختند.

این تحقیق توانست به صورت تجربی مشخصه‌های برج تر جریان متقابل را به منظور تعیین پارامترهای موثر در بازده حرارتی برج از طریق میزان دفع گرما بررسی نماید. در مقاله پیش رو نیز پس از بدست آوردن نقطه کارکرد برج به بررسی اثر متغیرهای محیطی بر دمای آب خروجی و کارایی برج پرداخته می شود.

۲- آب و هوا و شرایط محلی نیروگاه

در شکل (۱) نمایی از برج‌های خنک کننده نیروگاه رامین آورده شده است.



شکل ۱- برج‌های خنک کن نیروگاه رامین اهواز

شرایط محلی نیروگاه که در طرح مورد استفاده واقع گردید (با توجه به گرمسیر بودن منطقه) در جدول (۱) آمده است:

جدول ۱- شرایط آب و هوایی نیروگاه [۱]

54 °C	ماکزیمم درجه حرارت محیط
-7 °C	مینیمم درجه حرارت محیط
46%	رطوبت نسبی متوسط
47 °C	درجه حرارت ماکزیمم هوا در طرح
18 m/s	حداکثر سرعت باد
35 m	ارتفاع از سطح دریا

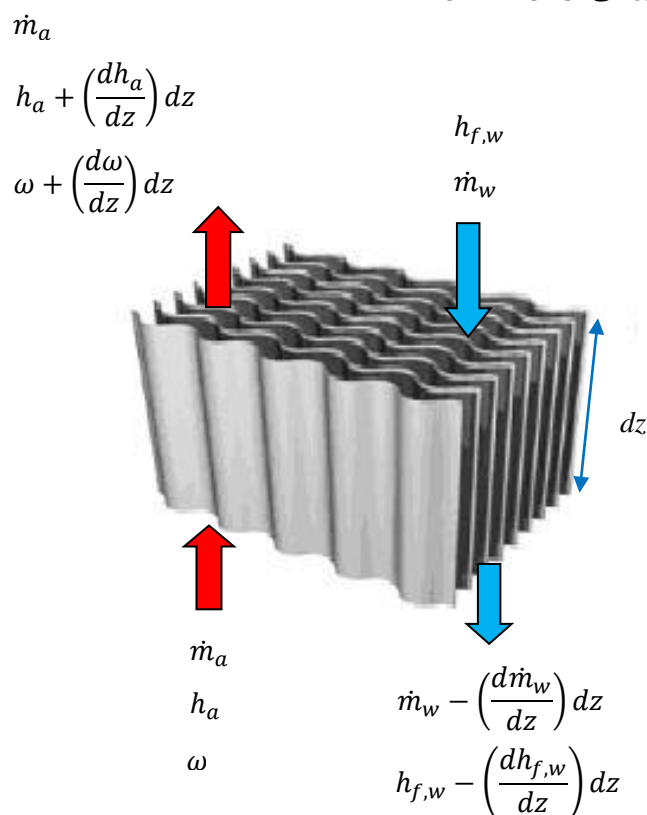
¹ Lebrun & Silva

² Esam Elsarrag

³ Lemouari & Boumaza

۳- معادلات حاکم بر مسئله

در شکل (۲) با انتخاب یک حجم کنترل دیفرانسیلی از پکینگ برج، مشخصه های ترمودینامیکی جریان سیال در بخش ورودی و خروجی از آن نمایش داده شده است.



شکل ۲- حجم کنترل دیفرانسیلی پکینگ برج در سه بعد

- در این بخش فرضیات مدل سازی مرکب به ترتیب زیر در نظر گرفته شده است.
- سیستم در حالت پایدار قرار دارد.
 - انتقال حرارت و جرم تنها در جهت عمود بر جریان سیال صورت می پذیرد.
 - انتقال حرارت و جرم از دیواره های برج به محیط اطراف قابل چشم پوشی است.
 - سطوح پکینگ ها به طور کامل و یکنواخت تر می شوند.
 - سطوح انتقال حرارت و انتقال جرم یکسان می باشند.
 - از مقاومت انتقال حرارت در لایه آب صرف نظر می گردد ($T_{int} = T_w$).
 - گرمای ویژه هوای مرطوب در فشار ثابت معادل با مقدار آن برای هوای خشک در نظر گرفته می شود ($C_{pm} = C_{pa}$).
 - ضرایب انتقال حرارت و جرم در طول برج ثابت می باشند ($K_m = cte, h_c = cte$).
 - دبی آب بر واحد سطح مقطع برج طی فرآیند تبادل حرارت ثابت در نظر گرفته می شود ($\dot{m}_w = const$).
 - ضریب لوئیس در طول برج برابر واحد اختیار می گردد $L_{ef} = (h_c / K_m C_{pm}) = 1$.
 - مساحت سطح مقطع برج به صورت یکنواخت می باشد.

بالانس انرژی آب

$$\dot{m}_a dh_a = \dot{m}_w dh_{f,w} \quad (1)$$

در معادله (۱)، \dot{m}_a (kg/s) معرف دبی جرمی هوای مرطوب، \dot{m}_w (kg/s) دبی جرمی آب، h_a آنتالپی هوا بر حسب ($kJ\ kg^{-1}$) و $h_{f,w}$ آنتالپی آب بر حسب ($kJ\ kg^{-1}$) می باشد. تغییرات آنتالپی هوا در برج

$$\frac{dh_a}{dT_w} = \left[1 + \frac{C_{pw} T_w (\omega_{s,w} - \omega)}{[h_{s,w} - h_a - (\omega_{s,w} - \omega) C_{pw} T_w]} \right] \quad (2)$$

در معادله (۲)، T_w (°C) دمای آب و C_{pw} نیز ظرفیت گرمایی ویژه آب بر حسب ($kJ\ kg^{-1}\ K^{-1}$) می باشد.

تغییرات رطوبت مخصوص هوا در برج

$$\frac{d\omega}{dT_w} = \frac{C_{pw} \frac{\dot{m}_w}{\dot{m}_a} (\omega_{s,w} - \omega)}{[h_{s,w} - h_a - (\omega_{s,w} - \omega) C_{pw} T_w]} \quad (3)$$

در معادله (۳)، $\omega_{s,w}$ (kg/kg) نسبت رطوبت هوا در حالت اشباع است.

معادله ی مشخصه برج خنک کننده یا عدد مرکل

$$\frac{dMe_p}{dT_w} = \frac{C_{pw}}{[h_{s,w} - h_a - (\omega_{s,w} - \omega) C_{pw} T_w]} \quad (4)$$

کارایی برج خنک کننده

$$\varepsilon = \frac{h_{a,out} - h_{a,in}}{h_{s,w,in} - h_{a,in}} \quad (5)$$

در معادله فوق، $h_{a,in}$ و $h_{a,out}$ آنتالپی هوای ورودی و خروجی از برج و $h_{s,w,in}$ آنتالپی حالت اشباع هوا در دمای آب ورودی می باشد.

۴- محاسبه مشخصه برج‌های خنک کننده نیروگاه رامین

به منظور ارزیابی برج خنک کن، مشخصه ی عملکرد برج بر حسب نسبت دبی جرمی آب به هوا لازم است تعیین گردد. این نقطه از تقاطع دو دسته نمودار برای یک شرایط جوی معین جهت خنک سازی قابل محاسبه است. این دو نمودار عبارتند از:

(۱) منحنی عملکرد مورد نیاز

(۲) منحنی عملکرد موجود^۱

¹ Available Characteristic Curve

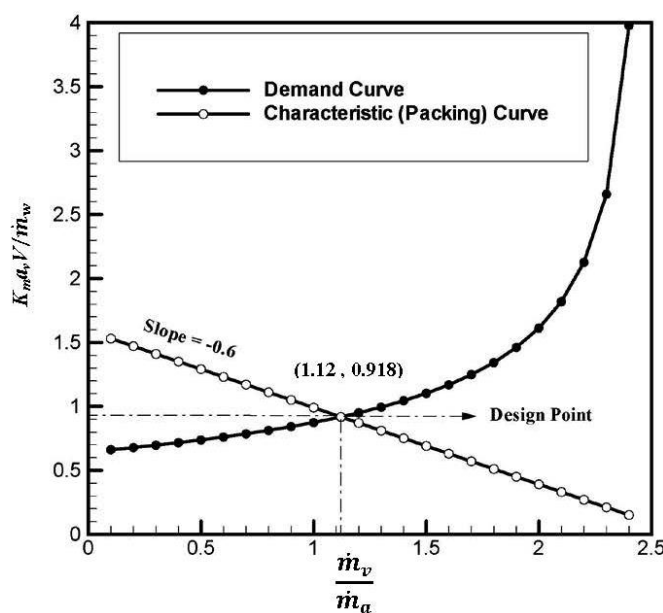
هر دو دسته نمودار مشتمل بر محاسبه پارامتر بدون بعد مشخصه برج یا همان عدد بی بعد مرکب Me_p معادل $(K_m a_v V / \dot{m}_w)$ بر حسب $\frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_a}$ می‌باشد. با توجه به مشخص نبودن شرایط طراحی برج‌های نیروگاه رامین، به صورت معکوس عمل کرده و اقدام به محاسبه مشخصه برج در یک نقطه ی کاری معمول به صورت تجربی نموده و سپس منحنی عملکرد موجود را بر اساس آن ترسیم می‌نماییم. در وهله ی نخست بر اساس اسناد موجود، دبی های جرمی آب و هوا در شرایط کارکرد این برج‌ها باید بدست آید. اطلاعات لازم برای یک نقطه کاری این برج‌ها بصورت تجربی در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲- مشخصات یک نقطه‌ی کاری برج‌های خنک‌کننده نیروگاه رامین

T_{wb} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{db} ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{w,out}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{w,in}$ ($^{\circ}\text{C}$)	\dot{m}_a (kg/s)	\dot{m}_w (kg/s)
۲۰/۶	۳۰/۰	۳۰/۰	۳۹/۴	۸۰۲/۵	۸۹۹/۷۲

نقطه‌ی طراحی یک برج خنک‌کننده را از تقاطع دو نمودار مشخصه مورد نیاز و مشخصه‌ی موجود آن بدست می‌آورند.

بر پایه مطالب مذکور، مشخصه برج $(K_m a_v V / \dot{m}_v)$ به ازای دبی های جرمی مختلف در شرایط کارکرد واقعی محاسبه و در نمودار (۲) نمایش داده می‌شود.



نمودار ۲- تغییرات مشخصه برج و پکینگ نسبت به تغییرات نسبت‌های جرمی آب و هوا

سازندگان برج های خنک کننده معمولاً نمودار مشخصه ی پکینگ را خطی با شیب $-0/6$ تا $-0/8$ معرفی می نمایند. بنابراین خط موربی که در نمودار (۲) از نقطه ی طراحی برج عبور کرده است با این فرض ترسیم گردیده است. همانطور که مشاهده می شود، نقطه کارکرد فعلی برج، $0/918$ می باشد که به ازای نسبت دبی $1/12$ بدست آمده است. مشخصه ی برج تنها تابعی از نسبت های جرمی آب و هوا می باشد. بنابراین

برج‌های خنک کننده‌ی نیروگاه رامین که با نسبت دبی جرمی ثابتی کار می‌کنند، دارای مشخصه‌ی ثابت بوده و با در اختیار داشتن مشخصه‌ی این برج‌ها، می‌توان دمای آب خروجی از برج را به ازای تغییرات محیطی و دماهای مختلف آب ورودی، محاسبه و پیش بینی نمود.

۵- مشخصات پکینگ‌های جدید

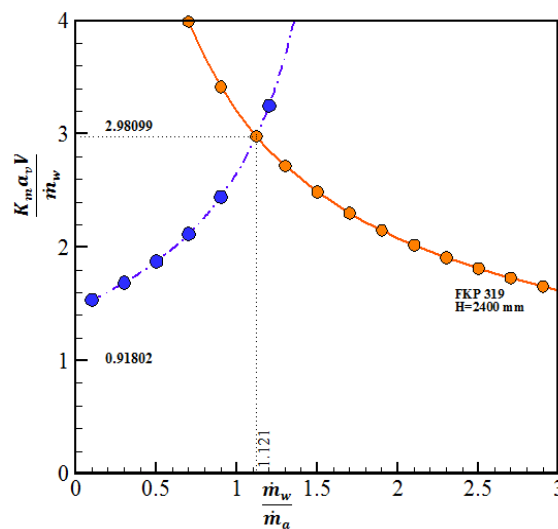
مشخصات سه نمونه پکینگ مورد استفاده در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳- مشخصات سه نمونه پکینگ موجود

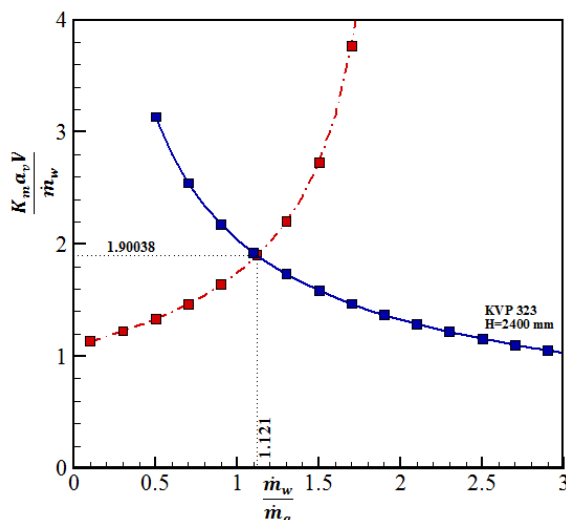
ردیف	مشخصه	جنس	شرکت سازنده
۱	FK-319	pp	2H Kunststoff
۲	FK-323	pp	2H Kunststoff
۳	FK-327	pp	2H Kunststoff

۶- نقاط کارکرد جدید برج

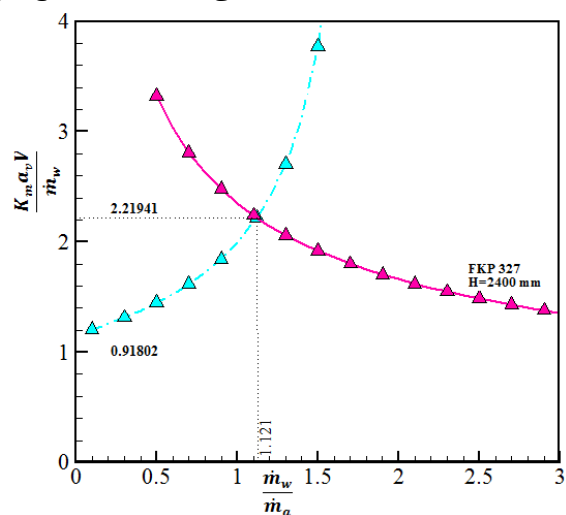
حال در شرایط جدید، منحنی مشخصه‌ی جدیدی برای برج متناظر با هر پکینگ بدست آورده و سپس با قطع دادن منحنی مشخصه آنان با منحنی مشخصه‌ی برج با دامنه جدید، به نقطه‌ی کارکرد تازه‌ای برای برج خنک کننده در هر حالت دست می‌یابیم. در نمودارهای (۳) - (۴) - (۵) نقاط کارکرد برج به ازای سه نمونه پکینگ ذکر شده بدست آمده است.



نمودار ۳- نقطه کاری جدید حاصل از برخورد منحنی مشخصه نوین برج با پکینگ FK-319



نمودار ۴- نقطه کاری جدید حاصل از برخورد منحنی مشخصه نوین برج با پکینگ FK-323



نمودار ۵- نقطه کاری جدید حاصل از برخورد منحنی مشخصه نوین برج با پکینگ FK-327

خلاصه نتایج مربوط به مقایسه پکینگ‌ها در دمای آب ورودی و نسبت دبی جرمی یکسان، در جدول (۴) قابل مشاهده است.

جدول ۴- مقایسه عملکرد برج تحت ۳ نمونه پکینگ در نسبت دبی ۱/۱۲

و ماکزیمم دمای حباب تر (۲۸ °C)

ردیف	مشخصه پکینگ	محدوده دمای آب ورودی (°C)	نقطه کارکرد	ماکزیمم دامنه (°C)
۱	Current	۴۰-۵۰	۰/۹۲	۱۳/۹
۲	FKP 319	۴۰-۵۰	۲/۹۸	۱۹/۱
۳	FKP 323	۴۰-۵۰	۱/۹۰	۱۷/۴
۴	FKP 327	۴۰-۵۰	۲/۲۲	۱۸/۰

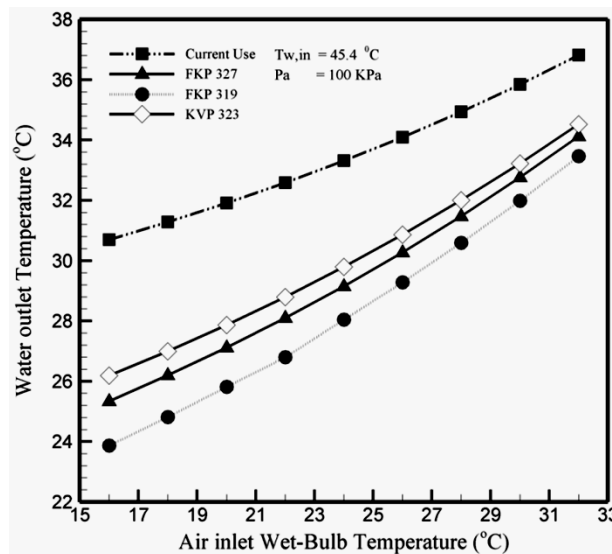
با توجه به نمودارها مشخص می‌گردد پکینگ FK-319 نسبت به دیگر پکینگ‌ها در نسبت دبی و دمای حباب تر معلوم، دارای عدد مرکب بالاتری می‌باشد. به عبارتی کارایی آن در انتقال جرم و حرارت نسبت به دیگر اقلام بالاتر می‌باشد که تأثیر آن در در گستره خنک کنندگی^۱ آب مشهود خواهد بود.

۷- بررسی اثر متغیرهای محیطی

با توجه به وابستگی مستقیم عملکرد برج‌های خنک کننده به شرایط محیطی طرح و به منظور پیش بینی رفتار این سیستم‌ها در شرایط مختلف، به تأثیر این پارامترها بر رفتار برج پرداخته می‌شود.

۷-۱- تأثیر دمای حباب تر ورودی بر دمای آب خروجی از برج

حرکت هوا از پایین به سمت بالای برج همراه با جذب رطوبت از آب می‌باشد، در نتیجه دمای حباب تر هوا از پایین به بالای برج به شکل صعودی افزایش می‌یابد. معمولاً بسیاری از محققان هوای خروجی از برج را حالت اشباع در نظر می‌گیرند. با این تفاسیر افزایش دمای حباب تر هوا در طول برج را می‌توان ناشی از فرآیند تبخیر و بالا رفتن میزان رطوبت هوا در این مسیر توجیه نمود. شکل (۶) تغییرات دمای آب خروجی از برج بر حسب تغییرات دمای حباب تر هوای ورودی به آن را به هنگام استفاده از هر یک از پکینگ‌های جدید در قیاس با پکینگ فعلی در نقطه کارکرد آنان پیش بینی کرده و نمایش می‌دهد.



نمودار ۶- تأثیر دمای حباب تر ورودی بر دمای آب خروجی از برج

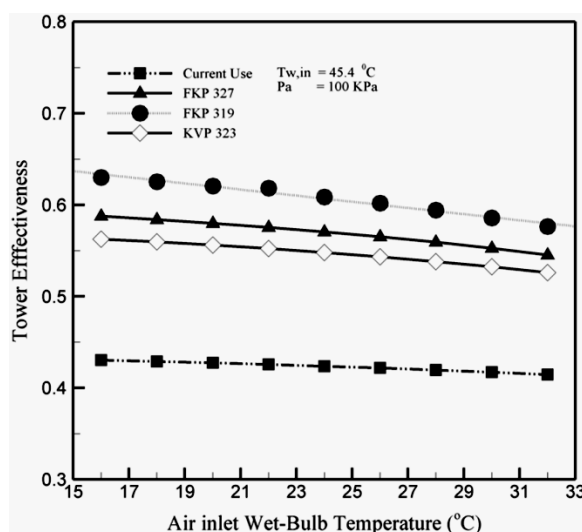
در نمودار فوق، تغییر دمای حباب تر هوا از ۱۶ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد سبب تغییر دمای آب خروجی از ۲۴ تا ۳۴ درجه سانتی‌گراد (۶۲/۵٪ افزایش دما) برای نمونه پکینگ‌های جدید در قیاس با ۳۰ تا ۳۷ درجه (۴۳/۷٪ افزایش دما) برای نمونه کنونی می‌گردد. فرض بر این است که دمای آب ورودی به برج ثابت بوده و دمای حباب تر محیط مرتباً در حال افزایش می‌باشد. همانطور که در نمودار (۶) ملاحظه می‌گردد با

¹ Range

کاهش دمای حباب تر محیط، گرایش^۱ برج (پارامتر معرف تفاضل دمای آب خروجی از برج و دمای حباب تر محیط) افزایش می‌یابد. همچنین از نمودار فوق استنباط می‌گردد که با افزایش دمای حباب تر، دمای آب خروجی نیز برای کلیه نمونه پکینگ‌ها مرتب در حال افزایش بوده لیکن شیب منحنی تغییرات دمای آب برای پکینگ‌های جدید اندکی بیشتر (به میزان ۰.۱۸/۸٪) می‌باشد.

۷-۲- تأثیر دمای حباب تر ورودی بر کارایی برج

نمودار (۷) تغییرات کارایی برج ε را نسبت به تغییرات دمای حباب تر ورودی به برج را در پکینگ‌های مختلف نشان می‌دهد.



نمودار ۷- تأثیر دمای حباب تر ورودی بر کارایی برج

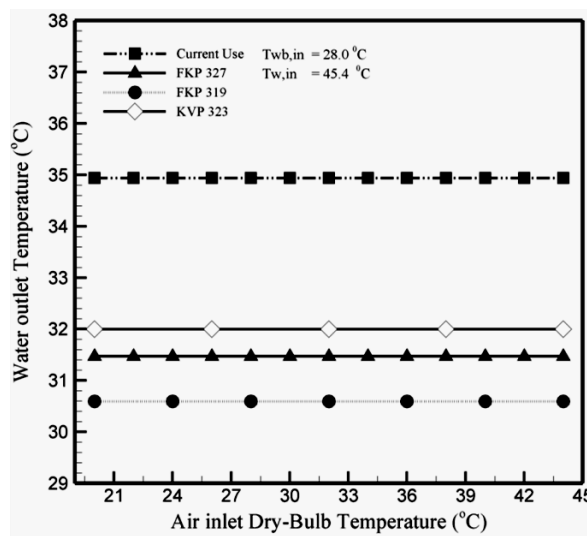
همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود کارایی برج با افزایش دمای حباب تر ورودی به برج در کلیه پکینگ‌های مورد بررسی کاهش می‌یابد. از طرفی همان گونه که در نمودار (۶) مشاهده شد، بالا رفتن دمای حباب تر محیط، دمای آب خروجی از برج را به شدت تحت تأثیر قرار داده است و حال آنکه در نمودار (۷) شیب تغییرات منحنی کارایی برج به ازای پکینگ‌های گوناگون، ملایم تر می‌باشد.

در حقیقت با نگاهی مجدد به تعریف کارایی برج می‌توان علل واقعی چنین پیشامدی را دریافت. زیرا همان گونه که در رابطه (۵) آمده است، با تغییر دمای حباب تر محیط، آنتالپی هوای ورودی و خروجی برج که در صورت و مخرج کسر قرار دارند، هر دو متناسب با یکدیگر تغییر می‌کنند و لذا تعریف کارایی برج به صورت فوق نمی‌تواند اثر پارامتر مهمی چون دمای حباب تر محیط را به خوبی نشان دهد. اگرچه بالاتر بودن کارایی برج تحت پکینگ‌های جدید نسبت به پکینگ فعلی کاملاً بدیهی و پرواضح می‌نماید. لذا می‌توان به روشنی دریافت که کارایی برج با استفاده از پکینگ‌های جدید با یک افزایش چشمگیر ۲۰ درصدی نسبت به وضعیت فعلی (۰.۴۳٪) روبرو شده و تا ۶۳٪ نیز ارتقاء می‌یابد.

¹ Approach

۷-۳- تأثیر دمای حباب خشک ورودی بر دمای آب خروجی از برج

در شکل (۸) تغییرات دمای آب خروجی از برج نسبت به تغییرات دمای خشک محیط در شرایط کنونی و پس از اعمال پکینگ‌های جدید، نمایش داده می‌شود. مشخص است که با تغییرات دمای خشک محیط از ۲۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد به ازای کلیه پکینگ‌های مورد بررسی دمای آب خروجی تغییرات محسوسی ندارد بنابراین با ثابت ماندن دمای حباب تر و تغییر دمای حباب خشک، هرچند که رطوبت نسبی محیط متغیر است ولی تغییری در دمای آب خروجی از برج ایجاد نمی‌کند. دلیل این امر را می‌توان به سادگی در نمودار سایکرومتریک توجه کرد. با توجه به نمودار سایکرومتریک، خطوط آنتالپی ثابت و خطوط دمای حباب تر ثابت موازی یکدیگر می‌باشند، بنابراین صرفاً دمای حباب تر محیط متغیر اصلی در تعیین آنتالپی هوای ورودی به برج بوده و دمای حباب خشک در این زمینه نقش خاصی ایفا نمی‌کند.



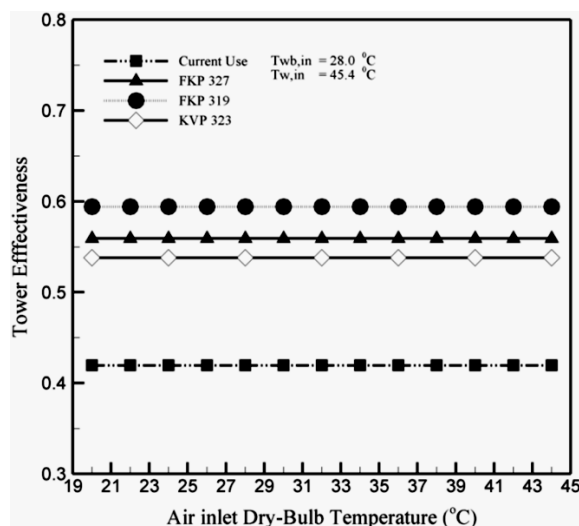
نمودار ۸- تغییرات دمای آب خروجی از برج $T_{w,out}$ به تغییرات دمای

هوای حباب خشک محیط T_{db}

۷-۴- تأثیر دمای حباب خشک ورودی بر کارایی برج

شکل (۹) تغییرات کارایی برج (۴) را بر حسب تغییرات دمای حباب خشک ورودی به برج را نشان می‌دهد. با تغییرات دمای خشک محیط از ۲۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد کارایی برج در پکینگ‌های مختلف تغییرات محسوسی ندارد.

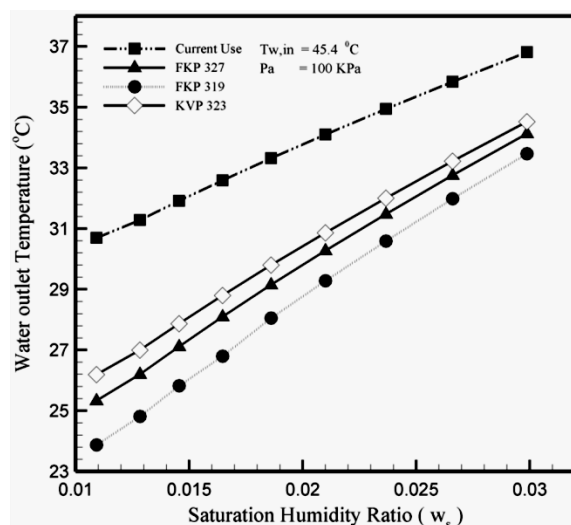
علت آن را نیز می‌توان از روی تعریف ریاضی کارایی برج و عدم وابستگی آنتالپی هوای ورودی و خروجی برج به این پارامتر توجه نمود. هرچند در این مورد نیز بالاتر بودن چشمگیر کارایی برج پس از اعمال پکینگ‌های جدید در قیاس با کارایی کنونی آن را نمی‌توان کتمان کرد.



نمودار ۹- تغییرات کارایی برج ϵ نسبت به تغییرات دمای حباب خشک محیط T_{db}

۷-۵- تأثیر نسبت رطوبت هوا بر دمای آب خروجی از برج

در شکل (۱۰) تغییرات دمای آب خروجی از برج نسبت به تغییرات نسبت رطوبت محیط با فرض اشباع بودن هوای محیط ($RH=100\%$) در شرایط کنونی و همچنین پس از اعمال پکینگ های جدید، نشان داده شده است. از طریق نمودار سایکرومتریک در حالت اشباع و با داشتن دمای مرطوب هوای ورودی می توان پارامتر نسبت رطوبت را بدست آورد. همچنین می توان اثبات نمود که فرض اشباع بودن هوای ورودی کاملا منطقی بوده و با تقریب خوبی ما را به نتایج مورد نظر می رساند (در این زمینه در مرجع [۹] نتایج مشابه به نتایج تحقیق حاضر گزارش شده است). این موضوع تاییدی بر صحت محاسبات تحقیق حاضر می باشد. در این نمودار با ثابت ماندن دمای آب ورودی، نسبت رطوبت هوا از 0.01 تا 0.03 تغییرات داشته است. همان طور که در شکل نشان داده شده است تغییر در نسبت رطوبت هوا و افزایش آن در وضعیت فعلی و شرایط پس از اعمال پکینگ جدید، موجب افزایش تدریجی دمای آب خروجی از برج می گردد.

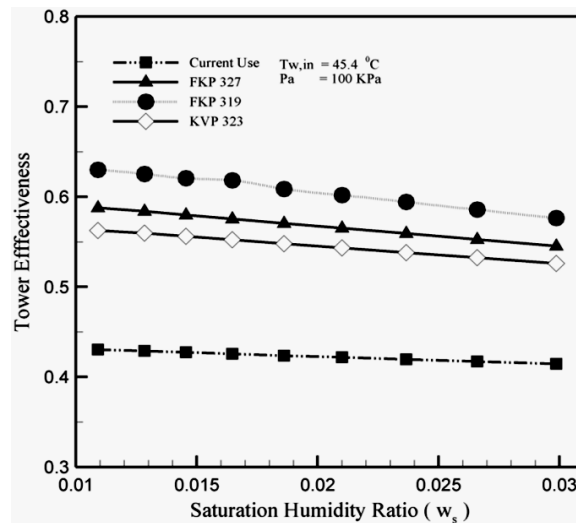


شکل ۱۰- اثر تغییرات نسبت رطوبت هوا بر تغییرات دمای آب خروجی برج

در توجیه مطلب می‌توان گفت متناسب با افزایش رطوبت هوای محیط، میزان بخار آب موجود در هوای ورودی برج نیز افزایش می‌یابد. از طرفی آب ورودی به برج برای خنک شدن می‌بایست گرمای خود را در قالب فرآیند تبخیر سطحی از دست بدهد. هر قدر میزان رطوبت نسبی هوا بالاتر رود، قابلیت جذب بخار آب در هوا کاهش یافته و در نتیجه فرآیند تبخیر سطحی مولکول‌های سطح آب دشوارتر گشته و به کندی انجام می‌پذیرد. لذا نهایتاً شاهد افزایش دمای آب خروجی در برج در نتیجه کاسته شدن امکان گرماگیری از آن بنا بر دلایل فوق خواهیم بود.

۷-۶- تأثیر نسبت رطوبت هوا بر کارایی برج

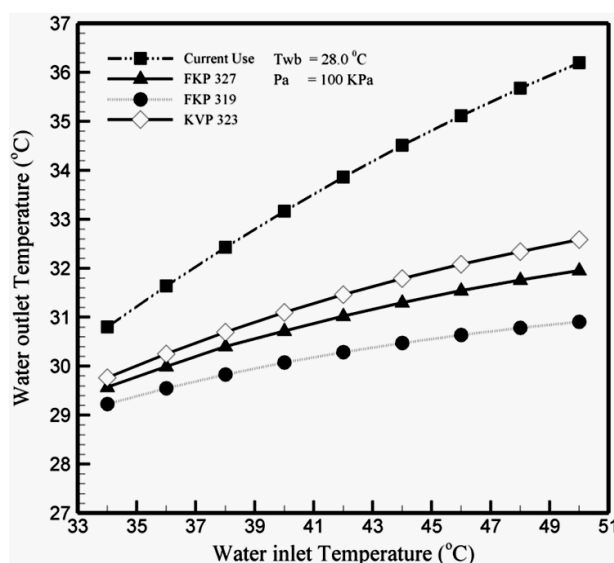
شکل (۱۱) تغییرات کارایی برج (ϵ) را نسبت به تغییرات نسبت رطوبت هوای ورودی به برج به ازای کاربرد پکینگ‌های گوناگون نشان می‌دهد. با توجه به نمودار (۱۱) کاملاً روشن است که بالا رفتن پارامتر نسبت رطوبت بر کارایی برج به ازای هر نوع پکینگ، تأثیر مستقیمی گذاشته و موجب کاهش مقدار آن می‌گردد. از طرفی همان گونه که در شکل (۱۰) مشاهده شد، بالا رفتن نسبت رطوبت هوای محیط، سبب افزایش دمای آب خروجی از برج با شیبی تند می‌شود. حال آنکه در نمودار (۱۱) شیب تغییرات کارایی برج به همان نسبت نبوده و ملایم‌تر می‌باشد. دلیل رویداد فوق را نیز می‌توان همانند نمودار (۷) در تعریف کارایی برج جستجو نمود.



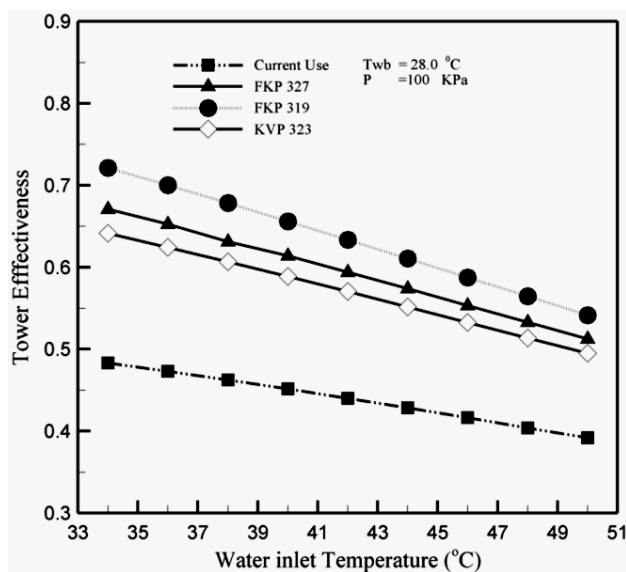
نمودار ۱۱- تأثیر نسبت رطوبت هوا بر کارایی برج

۷-۷- اثر دمای آب ورودی $T_{w,in}$

در شکل (۱۲) نیز تغییرات دمای آب خروجی از برج نسبت به تغییرات دمای آب ورودی را در شرایط فعلی و پس از تغییر پکینگ نشان داده شده است. در این شکل با ثابت ماندن دمای حباب تر و خشک محیط، دمای آب ورودی به برج از ۳۳ تا ۵۰ درجه سانتیگراد متغیر در نظر گرفته شده است. با مقایسه‌ی این نمودار و نمودارهای (۶) و (۸) می‌توان ادعان نمود که اثرات دمای حباب تر ورودی به برج بر روی دمای آب خروجی به مراتب بیشتر از اثرات دمای حباب خشک هوای ورودی و همچنین دمای آب ورودی به برج



شکل ۱۲- تغییرات دمای آب خروجی از برج $T_{w,out}$ نسبت به تغییرات دمای آب ورودی برج $T_{w,in}$



شکل ۱۳- تغییرات کارایی برج ϵ نسبت به تغییرات دمای آب ورودی $T_{w,in}$

بر روی دمای آب خروجی می باشد. لیکن تغییرات ناشی از افزایش دمای آب ورودی بر دمای آب خروجی در منحنی پکینگ فعلی نسبت به منحنی پکینگ‌های جدید با شیب تندتری همراه می باشد. نمودار (۱۲) همچنین نشان می دهد با استفاده از پکینگ FK-319 و با افزایش دمای آب ورودی، کمترین مقدار افزایش را در دمای آب خروجی (نسبت به دیگر انواع پکینگ) خواهیم داشت و بنابراین حجم بیشتری از آب را می توان با استفاده از این پکینگ، خنک سازی نمود.

۷-۸- اثر دمای آب ورودی $T_{w,in}$ بر کارایی برج ۴

در شکل (۱۳) تغییرات کارایی برج ۴ بر حسب تغییرات دمای آب ورودی را در شرایط کنونی و پس از اعمال پکینگ جدید نمایش داده شده است. با کمی دقت می‌توان به وضوح دریافت که با بالا رفتن دمای آب ورودی از ۳۳ تا ۵۰ °C کارایی برج به تدریج رو به کاهش می‌گذارد، زیرا با ثابت ماندن نسبت جرمی آب به هوا، دمای آب ورودی برج افزایش یافته است بنابراین هوای خروجی از برج نمی‌تواند به دمای اشباع آب ورودی برج برسد. همچنین با مقایسه‌ی بین نمودار (۱۳) با نمودارهای (۷) و (۱۱) می‌توان گفت که تأثیر دمای آب ورودی بر روی کارایی برج به مراتب بیشتر از تأثیر دمای حباب تر ورودی و نسبت رطوبت هوا بر روی این پارامتر می‌باشد.

۸- نتیجه‌گیری

۱. با تغییر دمای حباب خشک محیط و با ثابت ماندن دمای حباب تر، تغییر خاصی در دمای آب خروجی از برج و کارایی آن حاصل نمی‌شود.
۲. با افزایش دمای حباب تر محیط و ثابت ماندن سایر متغیرها، دمای آب خروجی از برج مرتب افزایش می‌یابد. این مورد برای پارامتر نسبت رطوبت هوا نیز صادق می‌باشد. بنابراین متغیر محیطی که فرآیند خنک سازی درون برج را تحت تأثیر مستقیم خود دارد، دمای حباب تر هوای ورودی به برج می‌باشد.
۳. در صورتیکه دمای آب ورودی برج بالا رود، به ازای ثابت بودن سایر متغیرها، دمای خروجی از برج نیز تغییر می‌کند و افزایش می‌یابد. ضمن اینکه کارایی برج نیز در این وضعیت با کاهش همراه می‌شود.
۴. با بررسی عملکرد پکینگ‌های پلیمری جدید در قیاس با پکینگ فعلی مشخص شد بدلیل کارایی بالا در فرآیند انتقال جرم و حرارت طبق نتایج بدست آمده دبی جریان هوا را بیشتر و کارایی برج را تا ۲۰٪ بالا می‌برند.

مراجع

- [۱] آرشیو فنی نیروگاه رامین اهواز و شرکت صنایع آبزیان نیل پارس، کیلومتر ۲۰ جاده اهواز- مسجد سلیمان، اهواز.
- [2] Merkel, F., "Verdunstungshuhlung Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure (VDI)", Applied by Thermal Engineering, Vol. 70, pp. 123-128, (1925).
- [3] Lowe, H.J., and Christie, D.G., "Heat Transfer and Pressure Drop Data on Cooling Tower Pickings and Model Studies of the Resistance of Natural Draft Towers to Air Flow", Inst Mech. Eng (Steam Group) Symposium on Heat Transfer, New York, USA, ASME, Part V, pp. 933-933, (1962).
- [4] Jorge, F., and Armando, C.O., "Thermal Behavior of Closed Wet Cooling Towers for use with Chilled Ceilings", Appl. Therm. Eng, Vol. 20, pp. 1225-1236, (2000).
- [5] Lebrun, J., and Silva, C.A., "Cooling Tower-model and Experimental Validation", ASHRAE Trans, pp. 751-759, (2002).
- [6] Elsarrag, E., "Experimental Study and Predictions of an Induced Draft Ceramic Tile Packing Cooling Tower", Energy Conversion and Management, Vol. 47, pp. 2034-2043, (2006).
- [7] Lemouari, M., Boumaza, M., Kaabi, A., "Experimental Analysis of Heat and Mass Transfer Phenomena in a Direct Contact Evaporative Cooling Tower", Energy Conversion and Management, Vol. 50, pp. 1610-1617, (2009).
- [8] Lemouari, M., Boumaza, M., "Experimental Investigation of the Performance Characteristics of a Counter Flow Wet Cooling Tower", International Journal of Thermal Sciences, Vol. 49, pp. 2049-2056, (2010).
- [9] Hajidavalloo, E., and Shakeri, R., "Thermal Performance of Cross Flow Cooling Towers in Variable Wet Bulb Temperature", International Journal of Energy Conversion and Management, Vol. 51, pp. 1298-1303, (2010).

Abstract

In this paper After obtain Operation point of Ramin plant cooling towers with using different packing, thermodynamic properties of ambient air was considered and effect of them on tower performance in present conditions and after packing substitute were investigated. The results of simulation show that when the wet bulb temperature is increased with relative humidity of air, led to increase outlet water temperature and decrease efficiency of tower.

In addition to, dry bulb temperature variation doesn't have any effect on outlet water temperature and efficiency of tower.

Finally the tower effectiveness with new packing is increased until 20% in compare to present packing.