ملاحظات طراحی برج‌های خنک‌کن باز

ترجمه : مهندس نیره شمشیری

تصمیمات طراحی که در انتخاب و سایزینگ برج‌های خنک‌کن و اجزای آن‌ها گرفته می‌شود تأثیر مستقیمی روی عملکرد کل واحد آب چیلر دارد. عملکرد بلندمدت یک برج خنک‌کن تابعی از جزییات طراحی برج و اجزای پیرامونی آن می‌باشد.
در این مطلب قصد داریم به بعضی از مشکلات رایج که باید در انتخاب برج خنک‌کن و طراحی سیستم‌های آب کندانسور در نظر گرفته شود، اشاره‌کنیم. این مشکلات می‌توانند توانایی سیستم برای عملکرد مطمئن و کارآمد را کاهش دهند. همچنین نمونه‌هایی از تأسیسات واقعی در این مقاله ارائه می‌شود.

فرآیند کلی

تبخیر یک فرایند سرمایشی است. برج‌های خنک‌کن از گرمای داخلی آب برای تبخیر آن و درنتیجه گرفتن گرمای آب استفاده می‌کنند. گرمای محسوس که دما را تغییر می‌دهد نیز مسئول بخش کوچکی از عملیات برج خنک‌کن است. هدف یک برج خنک‌کن، قرار گرفتن سطح جانبی زیادی از آب در معرض هوا برای افزایش تبخیر آب است. در یک برج خنک‌کن، به ازای هر ۱۰ درجه فارنهایت (۶,۹ درجه سانتی‌گراد) تغییر دما، تقریباً ۱٪ کل جریان تبخیر می‌شود. دامنه و اپروچ اختلاف دمای تر هوای ورودی به برج خنک‌کن و آب خروجی از آندو اصطلاح مهم مورداستفاده در بحث برج‌های خنک‌کن است.
عملکرد برج خنک‌کن تابعی از دمای حباب‌تر محیط، دمای آب ورودی، جریان هوا و جریان آب می‌باشد. دمای حباب خشک تأثیر ناچیزی روی عملکرد یک برج خنک‌کن دارد. عملکرد همچنین تابعی از طراحی فیزیکی برج است.

ملاحظات طراحی

ضوابط انتخاب

استاندارد شماره ۹۰,۱ از ASHRAE/IES و عنوان ۲۴ کالیفرنیا از حداقل گالن در دقیقه بر اسب بخار (لیتر بر ثانیه در کیلووات (برای مشخص کردن حداقل عملکرد برج استفاده می‌کنند. این حداقل‌ها بر اساس انتخاب یک برج با

ملاحظات طراحی برج‌های خنک‌کن باز

دماهای آب داغ/سرد ۹۵ درجه فارنهایت/۸۵ درجه فارنهایت (۳۵ درجه سانتی‌گراد/۲۹,۴ درجه سانتی‌گراد) با دمای حباب‌تر ورودی ۷۵ درجه فارنهایت (۲۳,۹ درجه سانتی‌گراد) است. اسب بخار برج خنک‌کن، قدرت پلاک موتور فن است.

۵ پارامتر عملکرد یک برج خنک‌کن را تعیین می‌کند: دمای آب داغ، دمای آب سرد، دمای حباب‌تر، دبی آب و سرعت جریان هوا. چهار مورد اول معمولاً توسط طراحان تعیین و مورد پنجم توسط سازنده برج خنک‌کن انتخاب می‌شود. تیلور راهنمایی‌های عالی در مورد انتخاب اپروچ برج و راندمان با استفاده از انتخاب مبتنی بر هزینه چرخه حیات فراهم کرده است. یک اپروچ کمتر سبب کاهش دمای آب خروجی از برج خنک‌کن و درنتیجه راندمان بالاتر چیلر به‌واسطه لیفت کمتر روی چیلر می‌شود. دمای اپروچ کمتر نیازمند یک برج خنک‌کن بزرگ‌تر با انباشتگی بیشتر است. محل برج خنک‌کن باید طوری انتخاب شود که با توجه به راهنمایی‌های چیدمان سازنده سیرکولاسیون مجدد را به حداقل برساند. مشخصه برج‌های مکش اجباری، سرعت‌بالای هوای ورودی و سرعت‌پایین هوای خروجی است. همین‌طور، آن‌ها بسیار مستعد سیرکولاسیون مجدد بوده و نسبت به نوع مکش القایی پایداری عملکرد کمتری دارند. مؤلف درزمانی که نمی‌توان از سیرکولاسیون مجدد اجتناب کرد با موفقیت از ۱ تا ۲ درجه فارنهایت (۰,۶ تا ۱,۱ درجه سانتی‌گراد)حاشیه امنیت حباب‌تر علاوه بر دمای حباب‌تر محیط استفاده کرده است. در صورت پیش‌بینی مقداری سیرکولاسیون مجدد، طراح باید دمای حباب‌تر ورودی را افزایش دهد.

ملاحظات طراحی برج‌های خنک‌کن باز

چندین گزینه برای جنس برج خنک‌کن وجود دارد. برج‌های خنک‌کن و محل اطراف آن‌ها معمولاً در یک محیط خورنده و از بین رونده قرار دارند. فولاد ضدزنگ (استنلس استیل) فایبرگلاس و بتون با دوامتر از برج‌های فولادی گالوانیزه هستند. اطمینان از سازگاری برنامه تصفیه آب با جنس ماده مورداستفاده در برج خنک‌کن همیشه مهم است. یک نمونه استفاده از آب سبک با مقدار یون تجزیه‌شده کم در یک برج خنک‌کن بتونی است. سیم‌کشی برق و کنترل در کانال فولادی سخت گالوانیزه پوشیده شده با PVC عمر کاری عالی فراهم می‌کند. از EMT دیواری نازک اطراف برج خنک‌کن باید خودداری کرد.

مشکلاتی که در سیستم لوله‌کشی باز باید از آن‌ها اجتناب کرد.

مشکلات هیدرونیک برج خنک‌کن در زمان کار با برج‌های باز رخ می‌دهند. این مشکلات معمولاً به یک یا چند مورد زیر مربوط می‌شوند و می‌توان از آن‌ها اجتناب کرد:

کاویتاسیون پمپ، ریزش آب به یک بخار به دلیل فشار مکش بسیار پایین است. کاویتاسیون همانند پمپ کردن سنگ توسط پمپ به نظر می‌رسد و می‌تواند سبب آسیب جدی به پروانه شود. هد مکش مثبت خالص (NPSH) معیار فشار مکش است. فشار مکش لازم برای جلوگیری از کاویتاسیون برای یک پمپ خاص به‌عنوان NPSHR نشان داده‌شده و روی منحنی پمپ چاپ می‌شود. NPSH موجود (NPSHA)باید توسط طراح محاسبه شود تا تائید کند که NPSHA > NPSHR یا کاویتاسیون پمپ رخ می‌دهد.

NPSHA (به فوت) با استفاده از معادله ۱ حساب می‌شود:

که s گرانش ویژه سیال برای آب = ۱(P فشار مطلق psia (v سرعت (fpm) و H افت هد (فوت) به دلیل لوله‌کشی، اتصالات، ولوها و ... است. این‌ها در دو نقطه تعریف می‌شوند: نقطه a که یک نقطه مرجع در سیستم است که شرایط معلوم است و نقطه s که مکش پمپ است.

www.kaashaaneh.com

ملاحظات طراحی برج‌های خنک‌کن باز

برای سیستم‌های باز مثل برج‌های خنک‌کن، نقطه a بالای مخزن آب سرد برج است. Pvp فشار بخار سیال در مکش پمپ است که تابعی از دمای سیال می‌باشد. برای یک منبع آب کندانسور معمول ۸۰ درجه فارنهایت (۲۶,۶ درجه سانتی‌گراد) ۰,۵ psia Pvp (۳,۴۵ کیلوپاسکال) است.

بسیاری از مهندسان نگران نگه‌داشتن NPSHA در دستگاه‌های برج خنک‌کن باز هستند و درنتیجه بر ارزیابی مخزن برج بالای مکش پمپ تأکید می‌کنند؛ اما درواقع این کار لازم نیست چون فشار اتمسفری (Pa) بسیار زیاد است (۱۴,۷ psia ۱۰۱,۴ کیلو پاسکال در سطح دریا.(برای مثال، با فرض اینکه افت فشار خط مکش (Hf) بین مخزن و مکش پمپ ۲ فوت است و ارتفاع مکش پمپ همانند ارتفاع مخزن است، NPSHA این‌گونه است:

این به‌خوبی برای پمپ‌های معمول بالای NPSHA است. پس تا وقتی افت فشار بین مخزن و مکش پمپ Hf معقول باشد، کاویتاسیون به‌ندرت اتفاق می‌افتد. همین‌طور وقتی ارتفاع پمپ نزدیک مخزن باشد، از صافی‌های افت فشار بالا با مش ریز در خط مکش اجتناب کنید. در این مورد صافی‌های با مش ریز باید روی تخلیه پمپ یا وقتی مکش پمپ تحت‌فشار منفی باشد، در ورودی کندانسورها نصب شود. وقتی فشار مکش صفر یا کمی منفی پیش‌بینی می‌شود، یک گیج فشار ترکیبی روی مکش پمپ نصب کنید.

آنچه اغلب با کاویتاسیون اشتباه می‌شود، پدیده دیگری است که زمانی رخ می‌دهد که پمپ درست زیر مخزن قرار نگرفته باشد: وقتی آب به مکش پمپ جریان می‌یابد فشار افت می‌کند و درنتیجه هوای محلول در آب مخزن برج از محلول خارج می‌شود. این حباب‌های هوا می‌توانند صدای جیرجیری ایجاد کنند که شبیه صدای کاویتاسیون است.

ملاحظات طراحی برج‌های خنک‌کن باز

این پدیده برای پمپ بی‌ضرر است، اگرچه بر جریان و هد پمپ تأثیر گذاشته و راندمان نیز کاهش می‌یابد. برای پیشگیری کامل از این رخداد، پمپ باید زیر مخزن برج با ارتفاع مساوی یا بیشتر از NPSHA به‌اضافه افت فشار لوله ورودی Hf باشد.

تله‌های هوا در لوله‌های بین مخزن جمع‌آوری و مکش پمپ می‌تواند منجر به عملکرد نامناسب آن شود. آب مخزن جمع‌آوری پر از هوای به دام افتاده است، پس هوا در لوله‌ها باید تخلیه شود. مؤلف شاهد بوده پمپ‌هایی که خیلی نزدیک به مخزن بوده‌اند (کمتر از قطرهای لوله ۱۰) هوای به دام افتاده را از مخزن جمع‌آوری برج خنک‌کن به مکش پمپ کشیده‌اند.

به خاطر داشته باشید که ونت‌های هوا، هوای به دام افتاده در یک خط مکش فشار منفی را از بین نمی‌برند. شیب دادن لوله‌ها به سمت مخزن جمع‌آوری برج و اجتناب از هرگونه تله لوله عمودی که هوا را در خط مکش پمپ جمع می‌کند مهم است.

جریان مازاد برج خنک‌کن در حالت خاموشی معمولاً با برگشت آب به مخزن در حالت خاموش ایجاد می‌شود. مخزن جمع‌آوری برای پایین نگه‌داشتن حجم برج که شامل حجم کامل آب در مخزن توزیع، fill بخشی از یک برج خنک‌کن که شامل سطح انتقال حرارت اولیه آن می‌باشد و لوله رفت بالاسری از برج می‌شود طراحی می‌شود. بهتر است مقدار لوله افقی بالای مخزن توزیع به حداقل برسد. در صورت ممکن نبودن این کار، یک تله آب وارونه روی لوله آب داغ در ورودی مخزن توزیع حجم کشش را محدود می‌کند. یک شیر کنترل روی پمپ آب کندانسور مانع برگشت آب به مخزن جمع‌آوری از طریق لوله تخلیه برج می‌شود.

ورود هوا به مکش پمپ ممکن است به دلیل گردش بشقابی برج، پایین بودن درین بشقابی برج یا نزدیک بودن زیاد پمپ به مخزن جمع‌آوری رخ دهد. گردابی شدن با سرعت‌های زیاد لوله تخلیه مخزن جمع‌آوری معمولاً سبب تشکیل گرداب‌ها می‌شود.