تهيه و تنظيم: بتول سركبيري
مربي تعمير لوازم خانگي مهديشهر
ارائه شده توسط پايگاه علوم و تحقيقات صنعت تاسيسات

www.AirChange.ir

بسمه تعالی

مقاله علمی- تخصصی تأسیسات

کـولـر آبـی

تهیه و تنظیم: بتول سرکبیری
مربی تعمیر لوازم خانگی مهدیشهر
ارائه شده توسط پایگاه علوم و تحقیقات صنعت تاسیسات

تهيه و تنظيم: بتول سركبيري
مربي تعمير لوازم خانگي مهديشهر
ارائه شده توسط پايگاه علوم و تحقيقات صنعت تاسيسات

www.AirChange.ir

زمستان ۸۶

چکیده

سرمایش تبخیری قدمت زیادی دارد. قبل از ورود سیستم‌های تهویه مطبوع، سرمایش تبخیری، متد موثری برای خنک کردن یک خانه به شمار می‌رفت. در آب و هوای خشک، سرمایش تبخیری، همواره منسوب به کولر آبی است که برای خنک کردن خانه‌ها به صورت ارزان قابل استفاده می‌باشد.

اساس کار در کولرهای آبی سرمایش تبخیری مستقیم است در این فرایند رطوبت به هوا اضافه می‌شود یک کولر آبی شامل بدنه ، فن ،درپوشها، پمپ گردش آب، مخزن آب، شیر شناور، خطوط توزیع آب و موتور الکتریکی است. سیستم کار کولرهای آبی بدین گونه است که آب موجود در مخزن توسط پمپ آب بر روی درپوشها ریخته می‌شود الکتروموتور توسط تسمه فن را به چرخش در می‌آورد با چرخش فن هوا از فضای بیرون به داخل محفظه کولر کشیده می‌شود و با عبور از سطح پوشالهای خیس، رطوبت هوا افزایش پیدا کرده و دمای آن نیز کاهش پیدا می‌کند.

با توجه به تولید کولر آبی در داخل کشور و نیز استفاده از این وسیله برای خنک کردن منازل یک وسیله خنک کننده ملی شناخته شده است و بیش از ۷۰٪ اقلیم جغرافیایی کشور به آن نیاز دارد .

سرمایش

برای سرمایش ساختمانهای مسکونی و تجاری سه روش کلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش اول استفاده از یک سیکل تبرید تراکمی و روش دوم استفاده از یک سیکل جذبی است. روش دیگر برای تولید سرمایش استفاده از قابلیت هوای کم رطوبت به منظور تبخیر آب در یک فرایند آدیاباتیک می‌باشد که در نتیجه دمای حباب خشک هوا در طی فرایند افت می‌کند به چنین فرایندی سرمایش هوا بوسیله تبخیر آب گفته می‌شود این روش برای مناطق خشک کاربرد دارد.

بسیاری از ساختمانهای مناطق بیابانی بار سرمایش محسوس خود را با استفاده از روش سرمایش تبخیری تأمین می‌کنند که نسبت به سایر روشها مقرون به صرفه می‌باشد .

در ادامه ابتدا به توضیح خلاصه سیکلهای جذبی و تراکمی پرداخته و در نهایت به توضیح سرمایش تبخیری و تجهیزات آن می‌پردازیم.

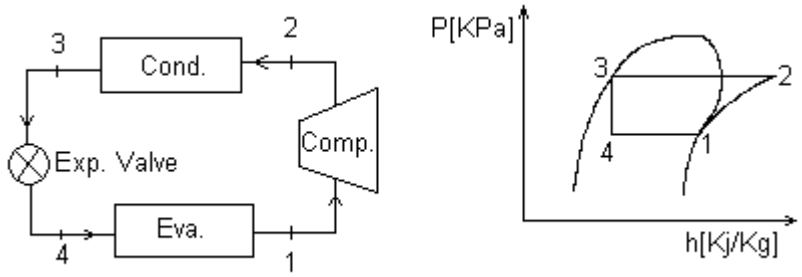
۱ _ ۱ _ سیکل سرمایش رنکین

تصویر ۱ _ ۱ شکل شماتیک سیکل ایده‌آل تراکمی را روی نمودار p-h نشان می‌دهد در این نمودار از افت‌های فشار و دما صرفنظر شده است.

مهمترین عامل برای نشان دادن نحوه این عملکرد سیکل، ضریب عملکرد (c.o.p) می‌باشد که برای سیکل ایده‌آل عبارت است از :

(۱ _ ۱)

$$c.o.p = \frac{Q_l}{W_l} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$



شکل ۱ _ ۱ سیکل سرمایش رنکین

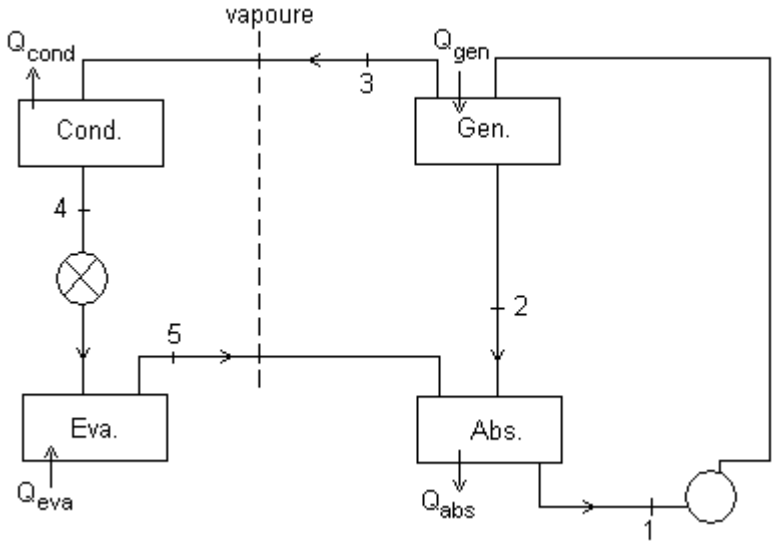
۱ _ ۲ _ سیکل جذبی

با استفاده از سرمایش جذبی۱ انرژی قابل توجه ورودی به کمپرسور در سیکل تراکمی با مقدار کمی انرژی ورودی پمپ و افزودن حرارت جایگزین می‌شود و کار مکانیکی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد این روش بخصوص زمانی به صرفه است که یک منبع تولید حرارت با دمای بین ۱۰۰ _ ۲۰۰ درجه سانتیگراد وجود دارد.

نمودار شماتیک یک سیکل جذبی در تصویر ۱ _ ۲ آمده است.

دو نوع متعارف جذب کننده برد در این سیکل، لیتیم بروماید و محلول آمونیاک در آب می‌باشد در اولی سیال مبرد عبارتست از بخار آب کم‌فشار و در دومی آمونیاک .

۱- Refrigerant absorbent



شکل ۱-۲ سیکل جذبی لیتیم بروماید

سیستم لیتیم بروماید ساده‌تر است چرا که در این سیستم جدایی کامل مبرد و جاذب لزومی ندارد با این وجود این سیستم دو شکل دارد، دمای اواپراتور نباید کمتر از ۵ درجه سانتیگراد باشد و بعلاوه ژنراتور باید در دمای به اندازه کافی بالا کار کند تا از بلوری شدن نمکهای لیتیم بروماید جلوگیری کند.

نحوه عملکرد این سیستم هم بوسیله ضریب عملکرد صورت می‌گیرد.

$$\text{c.o.p} = \frac{Q_{eva}}{Q_{gen}}$$

Q_{eva} : نرخ انتقال حرارت از اواپراتور

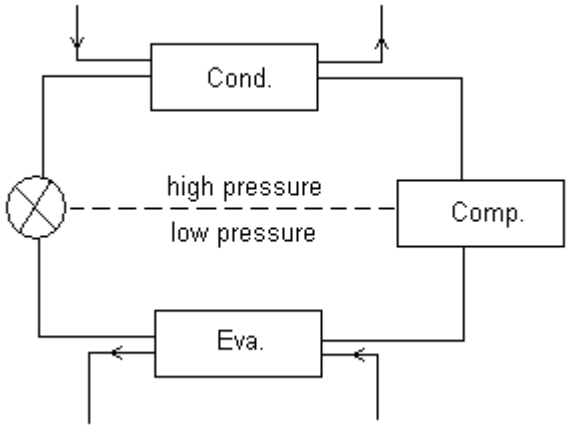
Q_{gen}: نرخ انتقال حرارت داده شده به ژنراتور

ضریب عملکرد این سیستمها بین ۰/۵ تا ۱/۲ می‌باشد.

سیستمهای جذبی آمونیاک قدیمی‌تراند اما امروزه نسبت به سیستم‌های لیتیم بروماید کمتر استفاده می‌شوند. این سیستمها دارای این مزیت هستند که اواپراتور در فشار بزرگتر از فشارمحیط کار می‌کند و اواپراتور می‌تواند در دمای کمتر از دمای نظیر برای سیکل لیتیم بروماید کار کند. اما در عوض اجزای اضافی برای سیکل آمونیاک مورد نیاز است ضرایب عملکرد این در سیستم تقریباً یکی است.

۱ _ ۳ _ چیلرها

یک چیلر مجموعه‌ای از دستگاهاست که برای تهیه آب سرد به منظور سرمایش فضای موجود در ساختمان بکار می‌رود دستگاههای تشکیل دهندهٔ یک چیلر با توجه به نوع سیکل مورد استفاده متفاوت خواهند بود ولی مینیمم تجهیزات لازم عبارتند از: یک اپراتور، کندانسور، یک وسیله انبساطی و یک کمپرسور برای سیکل تراکمی و سیستم پمپ، ژنراتور، جذب کننده برای سیکل‌های جذبی.



شکل ۱-۳ چیلر تراکمی

تصویر ۱ _ ۳ یک نمونه از چیلر مبتنی بر سیکل تراکمی را نشان می‌دهد.

۱ _ ٤ _ سرمایش تبخیری (Evaporative air cooling)

تجهیزات سرمایش تبخیری هوا را به دو گروه مستقیم و غیر مستقیم می‌توان تقسیم کرد در سرمایش تبخیری از طریق کم کردن درجه حرارت حباب خشک هوا، شرایط محیطی مناسبتری برای زندگی تأمین می‌گردد همچنین در سرمایش تبخیری با کنترل کردن درجه حرارت حباب خشک و یا رطوبت نسبی می‌توان تولید حبوبات یا محصولات صنعتی را بهبود بخشید. عملکرد سرمایش تبخیری مستیماً به شرایط اقلیمی وابسته است.

۱ _ ٤ _ ۱) سرمایش تبخیری مستقیم:(Direct Evaporative Air Cooling)

فرایند سرمایش تبخیری مستقیم ، یک فرایند تبادل حرارت آدیاباتیک است حرارت از هوا به آب انتقال می‌یابد و آب تبخیر می‌گردد. به این ترتیب درجه حرارت حباب خشک هوا کاهش خواهد یافت و سرمایش محسوس انجام می‌شود تجهیزاتی که در آنها با تبخیر مستقیم آب درداخل جریان هوا سرمایش ایجاد می‌شود چندین نوع هستند این گونه‌ها عبارتند از:

(۱) کولرهای تبخیری ۱

(۲) هوا شورهای دارای بستر مرطوب ۲ و هواشورهای با پاشش آب ۳

(۳) واحدهایی که در آنها بر روی کوپل آب پاشیده ٤ می‌شود.

(٤) رطوبت زن‌ها ٥

۱ _ ٤ _ ۲ _ سرمایش تبخیری غیر مستقیم indirect Evaporative

در سیستمهای غیر مستقیم هوا در یک مبدل حرارتی که جریان هوای ثانویه از آن می‌گذرد، سرد می‌شود هوای ثانویه را نیز می‌توان مستقیماً به روش تبخیری و یا توسط آبی که به روش تبخیری خنک شده است سرد کرد. در زمانهای گذشته، تجهیزات سرمایش تبخیری غیر مستقیم خیلی گران بودند ولی افزایش قیمت انرژی، لزوم کنترل کیفیت هوای داخل و مشکلات زیست محیطی مربوط به کلروفلور و کربنها موجب گردیده است که در استفاده از سیستمهای سرمایش تبخیری مستقیم و غیر مستقیم تجدید نظر شود.

نمونه‌ای از سیستمهای دارای سرمایش تبخیری غیر مستقیم عبارتند از:

(۱) کولرهای تبخیری غیر مستقیم هوا ٦

1- Evaporative cooler
۲- wetted media
۳- water spray
٤ - sprayed
٥ - humidifier
٦ - indirect Evaporative air coolers

(۲) سیستمهای برج خنک‌کن ۱ / کویل ۲

با ترکیب کولرهای ترکیبی مستقیم و مبدل‌های حرارتی نیز می‌توان سرمایش تبخیری غیر مستقیم را بوجود آورد. لوله‌های حرارتی ۳، چرخهای حرارتی چرخان ٤، مبدلهای حرارتی صفحه‌ای ٥ و مبدل‌های مبدل‌های حرارتی پوسته _ لوله‌ای ٦ را می‌توان بدین منظور استفاده کرد .

با سرمایش تبخیری هوای ثانویه توسط پاشش مستقیم آب بر روی سطوح مبدل حرارتی و با استفاده از کولرهای تبخیری مستیم در قبل از مبدل حرارتی می‌توان هوای اولیه را مستیماً سرد کرد و حرارت آن را به هوای ثانویه منتقل نمود.

---

۱ – cooling tower
۲ - coil
۳ - heat pipes
٤ – rotary heat weels
٥ – plate heat exchanger
٦ – shell & tube

۲_۱_ کولر آبی و اهمیت آن

یکی از اولین روشهایی که بشر جهت خنک کردن محیط اطراف خود انتخاب نمود گذراندن هوای داغ بیرون از روی بوته‌های مرطوب خار و عبور آن به داخل چادر یا کلبه خود بوده است . نوع تکامل یافتهٔ این گونه خنک‌کننده‌ها در شهرهای حاشیه کویر مخصوصاً یزد دیده می‌سوند که با ساختن بادگیر در جهت مناسب، جریان هوای بیرون به داخل هدایت می‌شود تا با عبور از روی سطوح مرطوب دمای آن کاهش یابد .

با کشف و کاربرد الکتریسیته و ساخت موتورهای برقی نوع پیشرفته‌تر این گونه خنک‌کننده‌ها در قالب کولرهای آبی ایرواشری و برجهای خنک‌کن ساخته شد و به بازار عرضه گردید با توجه به عملکرد اینگونه وسایل که از نظر ترمودینامیکی تقریباً به صورت آدیاباتیک صورت می‌گیرد ما در اغلب موارد با کاهش دما و افزایش رطوبت شرایط هوای بیرون به آسایش مورد نیاز انسان نزدیکتر می‌شویم بدون اینکه هیچگونه گرماگیری از محیط داخل انجام پذیرد.

اگر این خنک‌کننده‌ها برای اماکنی با شرایط محیطی نسبتا نامطوب مانند اغلب کارخانه‌های صنعتی، محیطهایی که رطوت بالا نیاز دارند مانند گلخانه‌ها، سالن‌های کشت محصولات در سایه و غیره و یا اماکن مسکونی که در نقاط نسبتاً خشک و نیمه خشک قرار دارند بکار می روند می توانند شرایط آسایش نسبتا مناسبی را فراهم آورند .

در این میان کولر های آبی متداولترین این دستگا هها می‌باشند که به دلیل ارزان بودن، سادگی استفاده و مصرف برق کم نسبت به سایر وسایل برودتی بیشترین کاربرد علی الخصوص در اماکن مسکونی را دارا می‌باشد .

طبق بررسیهای انجام شده در سال ۱۳۷۵ مصرف برق این وسیله حدود ۱۵۵۰ گیگاوات ساعت بوده است که حدود دو درصد مصرف کشور می‌باشد .

۲-۲ _ساختمان کولر آبی

فن

از یک قطعه فلزی یکپارچه ساخته می‌شود که باید با دستگاههای الکترونیکی کاملا بالانس شود که باعث عمر طولانی یا تاقانها شده و نیز به مدت طولانی بدون صدا و لغزش به کار خود ادامه دهند

پوشا لها

به منظور جریان بهتر هوا و آب می بایست ضخامت پوشالها در تمام سطوح، پخش گردد بدین منظور پوشالها با دستگاههای اتوماتیک دوخته شده و مانع از عبور گردو غبار به درون اتاق می‌شود .

بدنه

بدنه و قسمتهای فلزی آن که از جنس ورق گالوانیزه می‌باشد با لایه ضخیمی از فلز روی و رنگ پودر پوشش داده می‌شود .

الکتروموتور

در ادامه بحث راجع به الکتروموتور به تفصیل بحث شده است .

پمپ آب

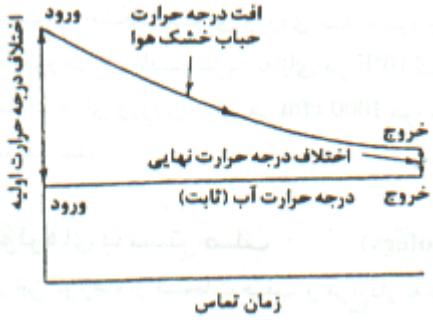
پمپ آب کار پمپاژ آب از تشک پایینی کولر به سه راهه آب را به عهده دارد و می‌تواند به راحتی آب را به ارتفاع دو متری برساند .

۲-۳ _ اصول عملکرد کولرهای تبخیری (آبی) مستقیم

در کولرهای آبی مستقیم آب در داخل جریان هوا تبخیر می‌شود شکل ۲-۱ تغییرات ترمودینامیکی هوا و آب در هنگام تماس مستقیم را نشان می‌دهد .

درجه حرارت تعادل آبی که بطور مداوم گردش می‌کند ، برابر با درجه حرارت حباب تر هوای ورودی خواهد بود. در اثر انتقال جرم و حرارت بین هوا و آب ، همزمان با ثابت ماندن درجه حرارت حباب تر، درجه حرارت حباب خشک هوا کاهش و رطوبت نسبی آن افزایش می‌یابد .

حد نزدیک شدن درجه حرارت هوای خروجی از یک کولر آبی مستقیم به درجه حرارت حباب تر هوای ورودی، یا حد اشباع شدن کامل هوای خروجی را بر حسب بازده اشباع مستقیم[۱] ε_e بیان می‌کنند .



شکل ۲-۱ عملکرد متقابل هوا و آب در یک کولر تبخیری هوا

این ضریب به صورت زیر تعریف می‌شود .

$$\varepsilon_e = 100\frac{t_1 - t_2}{t_1 - t'} \qquad (۱-۲)$$

که :

ε_e: بازده اشباع یا سرمایش تبخیری مستقیم، درصد

t_1 : درجه حرارت حباب خشک هوای ورودی، ^oF

t_2 : درجه حرارت حباب خشک هوای خروجی، ^oF

t' : درجه حرارت ترمودینامیکی هوای ورودی ^oF

کولرهای آبی به دلایل زیر مورد توجه می‌باشند:

الف) مصرف انرژی کمی دارند.

---

۱ - direct saturation effectivness

ب) جابجایی مورد نیاز برای تأمین سلامتی انسان به راحتی بوسیله کولر آبی فراهم می‌شود.

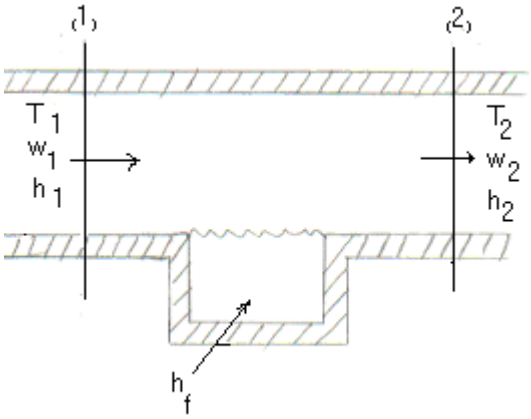
۲ _ ٤ _ فرایندهای کولر آبی

سرمایش تبخیری اساساً فرایند اشباع آدیاباتیک ناقص می‌باشد. اکنون به تحلیل فرایند اشباع آدیاباتیک که در یک کولر آبی انجام می‌گیرد می‌پردازیم .

برای یک کولر قانون اول ترمودینامیک را بین هوای ورودی (نقطه ۱) و هوای خروجی (نقطه ۲) بصورت زیر می‌توان نوشت.

$$h_1 + (w_2 - w_1)h_f = h_2$$

که در این رابطه h_f آنتالپي آب مايع در دماي T_2 مي‌باشد.



تصویر۲-۲ فرایند اشباع ادیاباتیک در یک کولر آبی

با توجه به تعریف یک فرایند آدیاباتیک، آب باید با دمای T_2 و آنتالپی h_f برای ثابت ماندن سطح آب به محفظه افزوده شود طبیعی است که دمای هوای خروجی T_2 باید همان دمای حباب مرطوب ورودی

به محیط باشد مقدار h_f را می‌توان از جداول ترمودینامیکی و یا بر اساس تعریف h از رابطه زیر بدست آورد:

$$h_f = c_w(T_2 - 32) \qquad (۳-۲)$$

32 دمای ذوب یخ برحسب ^oF، c_w ، ظرفیت گرمایی ویژه آب بر حسب $\frac{Btu}{1b^oF}$ و T_2 دمای هوای خروجی بر حسب ^oF می‌باشد.

در نتیجه از ترکیب دو معادله اخیر مقدار w_1 به صورت زیر بدست می‌آید.

$$\omega_1 = \frac{\omega_2(T_2 - 32) + (T_1 - T_2)}{(T_2 - 32)}$$

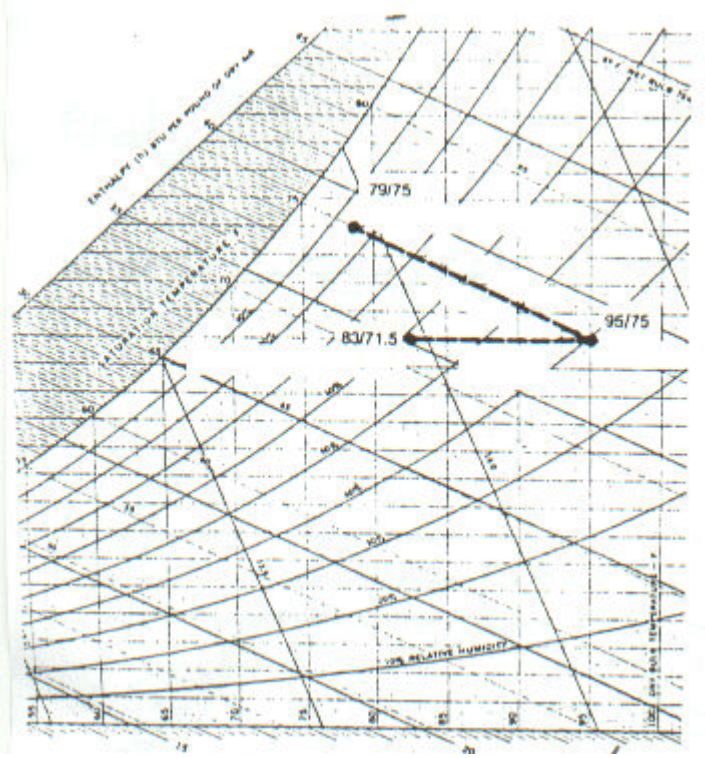
w_1 : نسبت رطوبت

دماها بر حسب درجه فارتهایت می‌باشد.

در عمل نه جریان هوای خروجی به صورت اشباع است و نه دمای خروجی حباب خشک مساوی دمای حباب مرطوب می‌باشد. حداکثر مقدار کاهش درجه حرارت حباب خشک هوا برابر با اختلاف درجه حرارت حباب خشک و حباب تر هوای ورودی است. وقتی هوا تا درجه حرارت حباب تر سرد شود هوا اشباع خواهد شد و تأثیر فرایند ۱۰۰٪ خواهد بود.

توانایی یک کولر آبی مستقیم با توجه به مقداری که درجه حرارت حباب خشک هوای خروجی بیشتر از درجه حرارت حباب تر است تعیین می‌شود.

نمودار سایکرومتریک شکل ۲ – ۳ نشان می‌دهد که هنگام عبور هوا از درون یک دستگاه سرمایش تبخیری مستقیم چه اتفاقی می‌افتد. در این مثال، فرض شده است که شرایط ورودی هوا 95^{oF} حباب خشک و 75^{oF} حباب تر باشد . اختلاف درجه حرارت ابتدایی $95 - 75 = 20^{\circ}F$ است اگر بازده ۸۰٪ باشد مقدار تنزل برابر خواهد بود با $0.8 * 20 = 16^{\circ}F$ بنابراین درجه حرارت حباب خشک هوای خروجی از کولر آبی برابر با $95 - 16 = 79^{\circ}F$ می‌باشد.



تصویر۲-۳سایکرومتریک تبخیری

در کولر آبی آدیاباتیک فرض می‌شود فقط بخشی از آب در گردش تبخیر گردد. و درجه حرارت تعادل باقیمانده آن تقریباً برابر با درجه حرارت حباب تر هوای ورودی باشد. عملکرد یک سیستم سرمایش تبخیری غیر مستقیم را نیز می‌توان بر روی نمودار سایکرومتریک نشان داد ضریب عمکرد این سیستمها برابر است باتنزل درجه حرارت حباب خشک جریان هوای اولیه تقسیم بر اختلاف درجه حرارت‌های حباب خشک ورودی هوای اولیه و حباب تر ورودی هوای ثانویه . مقدار بازده ممکن است به ۸۵٪ نیز برسد . مثال را ادامه می‌دهیم .

فرض می‌کنیم بازده ٦٠٪ باشد و هوای ثانویه و اولیه هر دو در شرایط هوای خارج $(75^{\circ}Fwb,95^{\circ}F)$و با تنزل حباب خشک $0.60(95-75)=12^{\circ}F$ وارد تجهیزات شوند درجه حرارت حباب خشک هوای خروجی از فرایند سرمایش تبخیری غیر مستقیم $(95-12)=83^{\circ}F$ خواهد بود چون در این فرایند هوا بدون افزودن رطوبت سرد شده است درجه حرارت حباب تر نیز کاهش خواهد یافت با رسم فرایند بر

روی نمودار سایکرومتریک در می‌یابیم که درجه حرارت حباب تر نهایی $71.5^{\circ}F$ است چون در فرایند سرمایش تبخیری غیر مستقیم هر دو درجه حرارت حباب خشک و تر کاهش می‌یابند در بسیاری از کاربردها می‌توان از آن به عنوان جایگزین برای بخشی از بار تبرید استفاده کرد.

۲ _ ۵ _ کاربردهای کولر آبی (Application)

۲ _ ۵ _ ۱ _ سرمایش ساختمانهای مسکونی یا تجاری (Residental or commercial cooling) در اقلیمهای خشک سرمایش تبخیری موثرتر و سرعت هوای مورد نیاز کمتر از اقلیمهای مرطوب است . این موضوع سبب می‌گردد که این سیستم برای کاربردهایی که سرعت هوا اجباراً کم خواهد بود مناسبتر باشد. کولرهای آبی بطور وسیع در ساختمانهای مسکونی و تجاری استفاده می‌شوند.

۲ _ ۵ _ ۲ _ کاربردهای صنعتی (Industrial Application)

در یک کارخانه که مقدار بار حرارت داخلی آن زیاد می‌باشد، بسیار مشکل است که بدون تغذیه مقدار قابل توجهی هوای تازه بتوان شرایط داخل را به شرایط هوای خارج نزدیک کرد. با استفاده از مقدار منطقی هوای تازه و سرمایش تبخیری می‌توان آن شکل را مرتفع نمود و بازده کارکنان را بهبود بخشید .

اگر این مشکل حل نشود بهره وری کارگران کاهش و خطر ایمنی و بهداشت در ماههای تابستان افزایش می یابد . در روزهای گرم ، احتمال دارد مقدار تولید در کارخانجاتی که به طور مناسب سرد نمی‌شوند حدود ۲۵ تا ٤٠ درصد کاهش پیدا کند . سرمایش تبخیری ساختمانهای صنعتی می‌تواند به صورت سرمایش وضعی۱ یا سرمایش یک ناحیه۲ باشد .کولرهای آبی را می توان به صورت دستی یا خودکار کنترل کرد . در طول فصل پاییز ، زمستان و بهار می‌توان هوای تازه این سیستمها را گرم نمود هوای تغذیه شده به صورت ثقلی۳ و یا توسط مکنده‌های سقفی۱ تخلیه می گردند برای اطمینان از این که هوا به

۱- spot cooling
۲ - area cooling
۳ - gravity

سمت کارگران تغذیه می‌شود باید طرح کانال کشی به گونه‌ای باشد که هوا در ارتفاع $10ft$ تا کف توزیع گردد .

حجم تغذیهٔ هوای سرد کننده برای هر کارگر بستگی به طول وزش و مقدار فعالیت کارگر و حرارتی که باید درفع شود دارد معمولا برای هر کارگر مقدار 2000 تا $5000ctm$ هوا که با سرعت 200 تا $400fpm$ به وی برخورد کند نیاز می‌باشد.

کولرهای آبی به صورت‌های دیگری نیز در صنعت کاربرد دارد که عبارت است از :

_ سرد کردن موتورهای بزرگ۲

_ سرد کردن مولدها و موتورهای توربین گاز

_ سرمایش فرایندها۳ (در کارخانجات توتون ، نساجی و فرآیندهای ایجاد پوشش‌های پاششی که در آنها مقدار رطوبت دقیق لازم است)

_ سرمایش رختشویخانه ها٤

_ سرمایش تاسیسات تولید کاغذ و چوب

۲-۵-۳- رطوبت گیری و سرمایش (dehumidification & cooling)

از کولرهای تبخیری برای سرد کردن و رطوبت گیری هوا نیز استفاده می‌شود حرارت و رطوبت خارج شده از هوا باعث افزایش درجه حرارت آب می‌گردد وقتی درجه حرارت ورود آب کمتر از درجه حرارت حباب تر ورودی باشد درجه حرارتهای حباب خشک و تر هوا کاهش خواهند یافت رطوبت گیری هنگامی انجام می شود که درجه حرارت آب خروجی از فرآیند کمتر از درجه حرارت نهایی آب با توجه به حرارت محسوس و نهان و مقدار آب در گردش تعیین می‌گردد در عین حال این درجه

---

۱ - roof ventilator
۲ - cooling larg motors
۳ - process cooling
٤ - cooling laundries

حرارت نهایی نباید از نقطه شبنم نهایی مورد نظر بیشتر باشد و معمولا یک یا دو درجه از آن کمتر است هوای خروجی از یک کولر آبی که به عنوان رطوبت گیر۱ استفاده شده است اساساً اشباع است .

اختلاف درجه حرارت‌های هوای خروجی و آب خروجی بستگی به اختلاف درجه حرارت حباب خشک و تر هوای ورودی و برخی مشخصه‌های طراحی از قبیل طول و ارتفاع ومحفظه پاشش آب۲ و عمق بستر۳ و سرعت هوا و مقدار آب و الگوی پاشش٤ دارد افزایش درجه حرارت آب معمولا 6 تا $12^{\circ}F$ است . در عین حال افزایش بیشتر از این مقدار نیز با موفقیت بدست آمده است . وقتی آب توسط تبرید مکانیکی سرد می‌شود چون احتمال دارد درجه حرارت ورود مبرد افزایش یابد افزایش درجه حرارت آب در کولر آبی را کمتر در نظر می گیرند

۲-۵-٤- تمیز کردن هوا (air cleaning)

تمام گونه‌های کولرهای آبی تا حدودی هوا را تمیز می کنند کولرهایی که در آنها آب ریزش۵ می کند کمترین تاثیر را در پاکسازی هوا دارند و فقط ذرات تا قطر $1.10\mu m$ از هوا جدا می کنند با استفاده از نازل‌های٦ با فشار زیاد و طراحی خوب هواشورها می‌توانند هوا را به نحو موثر تمیز کنند .

بازده کولرهای آبی در زدودن غبار بستگی به اندازه ، چگالی ، قابلیت جذب آب و حلالیت ذرات غبار دارد ذراتی که بزرگترند و آب را بهتر جذب می‌کنند را می‌توان راحتر جدا کرد جدا شدن این ذرات تا حد زیادی ناشی از برخورد آنها با سطوح مرطوب صفحات قطره گیر۷ یا سطح بستری می باشد .

---

۱ - dehumidifer
۲ - spray chamber
۳ - media
٤ - spray patern
۵ - drip – type cooler
٦ - nozzles
۷ - eliminator

برای زدودن دوده۱ از کولرهای آبی نمی‌توان استفاده نمود زیرا سطوح دوده چرب هستند و آنها بـه بسـتر مرطوب نمی‌چسبند کولرهای آبی در زدودن دود۲ نیز غیر موثر هستند زیـرا ذرات دود کوچـک (کمتـر از $1\mu m$) نمی‌توانند ضربه کافی وارد و به درون لایه آب روی صفحات نفوذ کنند .

۲-۵-۵- سایر کاربرد ها

_ کنترل آلاینده‌های گازی۳

_ سرمایش معدن‌ها ٤

_ سرد کردن حیوانات۵

_ سرمایش انبار محصولات٦ (سیب زمینی ، سیب، مرکبات و غیره)

_ سرمایش گلخانه‌ها۷

۲-٦- انواع کولرهای آبی مستقیم

۲-٦-۱- کولرهای دارای بسترهای نامنظم (random media air coolers)

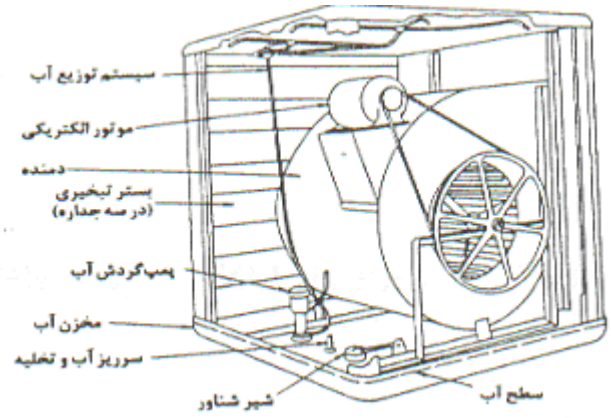
این نوع کولرها دارای یک بستر تبخیری هستند که در آنها از تراشـه‌ای چـوب (معمـولا چـوب درخـت صنوبر) و الیاف پلاستیکی استفاده شده است شکل ۲-٤ ایـن بسـترها در داخـل قابهـای کرکـره‌ای قابـل برداشت قرار دارند معمولا در این گونه کولرها سرعت هـوادر عبـوراز سـطح بسـتر تبخیـری را 100تـا $220 fpm$و افت فشار هوا در درون کولر را 0.1اینچ آب در نظـر مـی‌گیرنـد مقـدار مصـرف آب کـولر

---

۱ - soot
۲ - smoke
۳ - control of gaseous contaminant
٤ - cooling mines
۵ - cooling animals
٦ - product storge cooling
۷ - cooling green house

بستگی به مقدار گذر جریان هوا بازده بستر تبخیری و اختلاف درجه حرارت حباب تر و خشک هوای ورودی دارد.

نسبت رطوبت۱ (یا جرم بخار آب در ازای واحد جرم هوای خشک) هوای ورودی به خروجی را می توان از نمودار سایکرومتریک یافت تقریبا به ازای هر $10^{\circ}F$ کاهش درجه حرارت حباب خشک هوای ورودی ، برای هر $1000cfm$هوا مقدار $1.24gph$آب مصرف خواهد شد.



شکل ۲-٤ کولرهای با بسترنامنظم

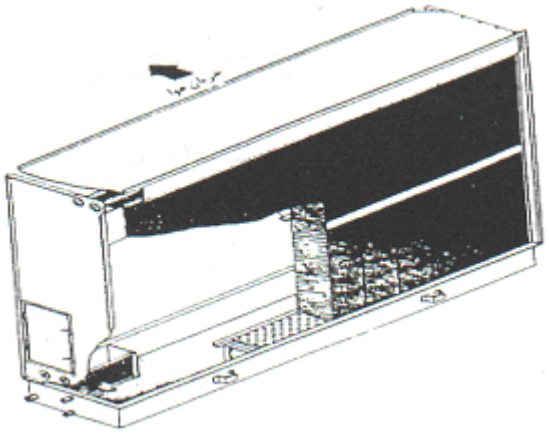
۲-٦-۲- کولرهای با بستر صلب (Rgid medi coolers)

در این کولرها ، از صفحات صلب و موج دار به عنوان بستر مرطوب استفاده می‌شود شکل ۲-۵ این سطوح می‌توانند از جنس سلولز و فایبر گلاس باشند . سوراخهای موجود در روی بسترا در یک امتداد نیستند تا اختلاط آب و هوا تا حد ممکن افزایش یابد . عمق بستر مرطوب در امتداد جریان هوا معمولا $12in$است ولی می‌تواند بین 4 تا $24in$تغییر کند . معمولا سرعت هوا بر روی بستر صلب را 400 تا $600\,fpm$انتخاب می‌کنند .

بازده اشباع این کولر ها با توجه به عمق بستر و سرعت هوا می‌تواند بین ۷۰ تا ۹۵٪ باشد . جریان هوا افقی و جریان آب در این کولر ها عمودی است .

---

۱ - humidity ratio



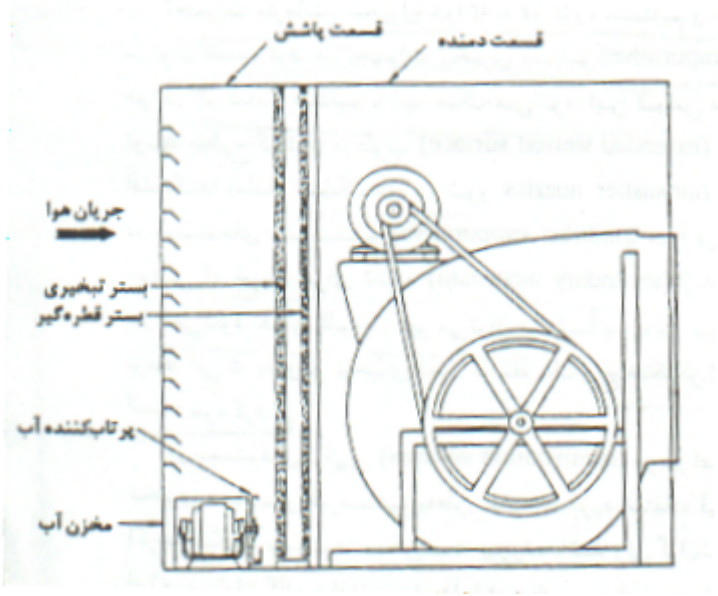
شکل ۲-۵ کولرهای با بستر صلب

۲-۶-۳-کولرهای دارای پرتاب آب (slinger packaged air cooler)

کولرهای دارای پرتاب آب شامل یک پرتاب کننده آب در قسمت سرمایش تبخیری و یک قسمت بادزن هستند . شکل ۲-۶.

معمولا این بادزن از نوع گریز از مرکز دارای پر ه های خم به جلو و دودهانه ورودی هوا هستند که از طریق تسمه ۷ توسط موتور چرخانده می‌شود .

بازده سرمایش تبخیری این کولر ها ممکن است به ۸۰٪ نیز برسد تا ظرفیتهای $3000cfm$ نیز موجود هستند . با توجه به بازده سرمایش مورد انتظار سرعت هوا در عبور از سطح بستر می‌تواند 300 تا $600\,fpm$ انتخاب گردد .

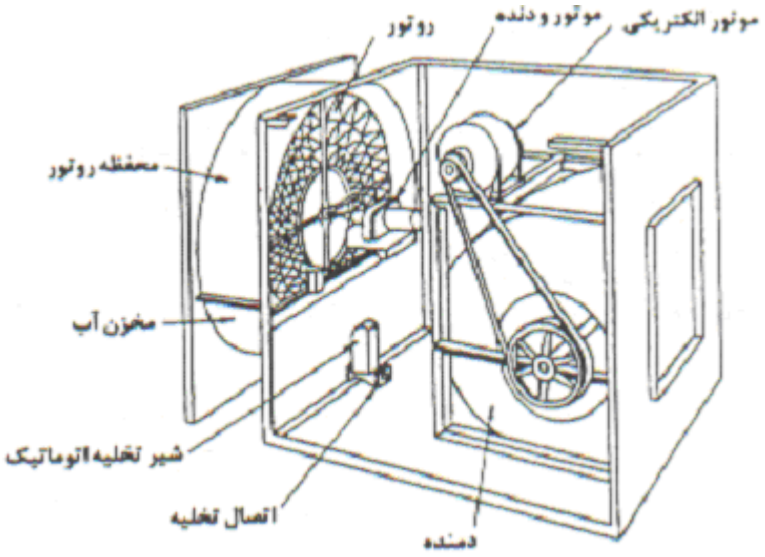


شکل ۲-٦ کولر های دارای پرتاب آب

۲-٦-٤-کولر های با بستر چرخان (packaged rotary air cooler)

در کولر های با بستر چرخان بستر تبخیری در اثر دوران در درون آب ، مرطوب و شسته خواهد شد .

شکل ۲-۷ بستر تبخیری و سایر اجزا ء در تماس با آب از مواد مقاوم در برابر خوردگی ساخته می شـوند .



شکل ۲-۷ کولرهای تبخیری با بستر چرخان

مراجع:

[1] 1996 Ashrae Handbook HVAK system and Equipment

[2] 1995 Ashrae Handbook HVAK Applications

[۳] حیدری منفرد،ع،طراحی و تدوین برچسب استاندارد مصرف انرژی در کولرهای آبی خانگی،دانشگاه صنعتی شریف،گزارش پایانی،شرکت توانیر، ۱۳۷۸

[٤] حیدری منفرد،ع،طراحی و تدوین برچسب استاندارد مصرف انرژی در کولرهای آبی خانگی،دانشگاه صنعتی شریف،گزارش مرحله اول،شرکت توانیر، ۱۳۷۷

[٥] کاشانی حصار، م.ح ، تاسیسات ساختمان، انتشارات نما ۱۳۷۹

[٦] عابدی، م ، نبوی، م.ت ، [مترجمین] ، ماشینهای الکتریکی، تحلیل، بهره برداری، کنترل،ناشر کارآفرینان بصیر،۱۳۷۳