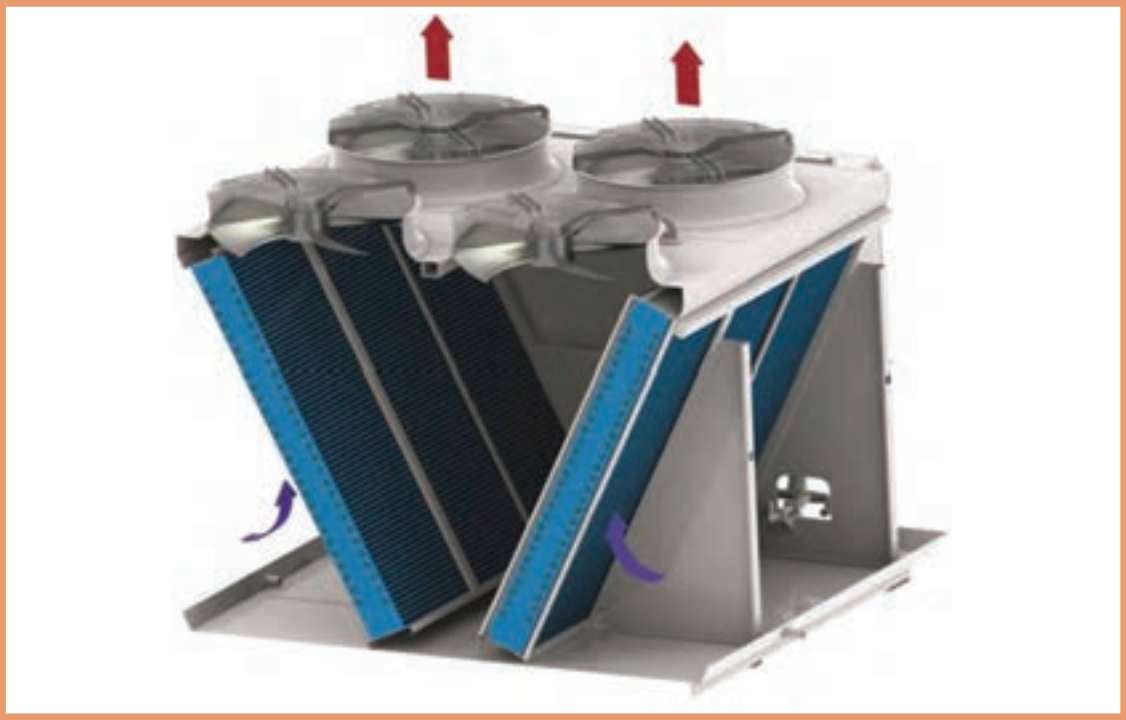
پودمان ۵

خنک‌کاری تجهیزات



استفاده از فرایندهای مختلف خنک‌کاری به دلیل حفاظت تجهیزات صنعتی، مسائل زیست‌محیطی، صرفه‌جویی در انرژی و... امری اجتناب‌ناپذیر است.

واحد یادگیری ۵
خنک‌کاری تجهیزات

مقدمه

بالا رفتن دمای مواد و وسایل درگیر در فرایندهای گوناگون، تبخیر مایعات، تغییر شکل یا فرسودگی قطعات و کاهش بازدهی عملکرد دستگاه‌ها از جمله نتایج باقیماندن و تجمع گرما در تجهیزات مختلف می‌باشند. برای پیشگیری یا کاهش این معایب، بایستی گرمای مزبور از این دستگاه‌ها خارج شود. برای این کار از انواع مختلف دستگاه‌های خنک‌کننده استفاده می‌گردد، چراکه روش‌های انتقال و دفع گرمای حاصل از یک منبع گرم به یک منبع سرد متفاوت است. در ابتدای این پودمان مطالب تئوری مربوط به خنک‌کاری، انواع سامانه‌های خنک‌کننده، عوامل مؤثر در طراحی برج‌های خنک‌کننده، مشکلات برج‌های خنک‌کننده، مایعات خنک‌کننده، سامانهٔ خنک‌کنندهٔ کمپرسور و ایمنی سامانهٔ خنک‌کننده‌ها ارائه شده است. در این پودمان هنرجویان با تهیهٔ چند نمونه مایع خنک‌کن، انجام خنک‌کاری تجهیزات و حفظ ایمنی سامانه‌های خنک‌کاری نیز آشنا می‌شوند.

استاندارد عملکرد

تهیهٔ چند نمونه مایع خنک‌کن و انجام خنک‌کاری تجهیزات و حفظ ایمنی سامانه‌های خنک‌کاری طبق دستور کار

شایستگی‌های غیرفنی

۱ **اخلاق حرفه‌ای:** حضور منظم و وقت‌شناسی، انجام وظایف و کارهای محوله، پیروی از قوانین
۲ **مدیریت منابع:** شروع به‌کار به‌موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات
۳ **کار گروهی:** حضوری فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام کارها و وظایف محوله
۴ **مستندسازی:** گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی
۵ **محاسبه و کاربست ریاضی**

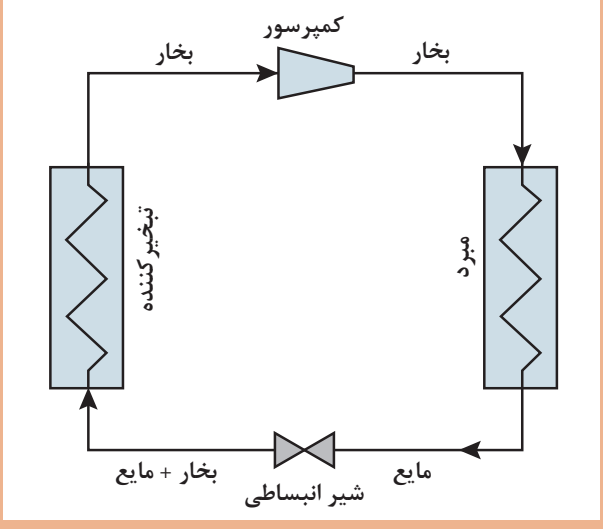
پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود

۱ چند نمونه مایع خنک‌کننده تهیه نمایند.
۲ تجهیزات خنک‌کاری را راه‌اندازی نمایند.
۳ ایمنی سامانه‌های خنک‌کاری را حفظ کنند.

خنک‌کاری

پرسش

با توجه به چرخهٔ سرمایش زیر، چرا یخچال و فریزرهای موجود در منازل باید در فاصلهٔ مناسبی از دیوار قرار داشته باشند؟



باقی ماندن و تجمع گرما در تجهیزات مختلف سبب بالا رفتن دمای مواد و وسایل درگیر در فرایندهای گوناگون، تبخیر مایعات، تغییر شکل یا فرسودگی قطعات و کاهش بازدهی عملکرد دستگاه‌ها می‌شود. برای پیشگیری یا کاهش این عیب‌ها، باید گرمای مزبور از این دستگاه‌ها خارج شود. به این منظور لازم است از انواع مختلف خنک‌کننده‌ها استفاده شود، چرا که روش‌های انتقال و دفع گرمای حاصل از یک منبع گرم به یک منبع سرد، متفاوت است.

تحقیق کنید

اگر آب گرم خروجی از انواع مبدل‌های حرارتی به‌طور مستقیم وارد دریاها و رودخانه‌ها شود، چه پیامدهای نامطلوبی به دنبال خواهد داشت؟

پرسش

آیا می‌توانید برای استفاده از انرژی موجود در سیالات گرم خروجی از فرایندهای مختلف، یک روش مناسب پیشنهاد دهید؟

به دلیل حفاظت از تجهیزات صنعتی، مسائل زیست‌محیطی، صرفه‌جویی در انرژی و... استفاده از فرایندهای مختلف خنک‌کاری اجتناب‌ناپذیر است. وقتی مایع گرمی با بخار اشباع نشده‌ای تماس می‌یابد، قسمتی از مایع تبخیر می‌شود، بنابراین دمای مایع باقیمانده افت می‌کند. مهم‌ترین کاربرد این اصل در سامانه‌های خنک‌کن است که بر مبنای آن، دمای آب مصرفی در چگالنده‌ها و مبدل‌های گرمایی کاهش می‌یابد. از جمله مصارف دستگاه‌های خنک‌کننده در صنایع شیمیایی، نیروگاه‌ها و وسایل تهویهٔ مطبوع است. فرایندهای خنک‌کاری با استفاده از هوا، آب، انواع روغن و سیالات دیگر و با کمک تجهیزات مکانیکی و یا بدون کمک آنها صورت می‌گیرند.

بحث گروهی

در مورد خنک‌کاری مواد و وسایل موجود در جدول زیر با هم‌گروهی‌های خود بحث کرده و جدول را تکمیل کنید.

ردیف	نام وسیله	روش خنک‌کاری	توضیح
۱	جاروبرقی		
۲	رایانه		
۳	هوای اتاق و ساختمان‌ها		
۴	آب گرم خروجی از مبدل‌های حرارتی		
۵	محصولات برج تقطیر		
۶	...		

تحقیق کنید

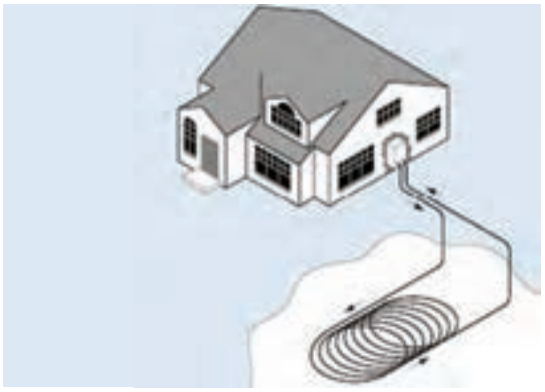
بدن انسان به‌طور طبیعی چگونه خنک می‌شود؟

انواع سامانه‌های خنک‌کننده

در بیشتر سامانه‌های خنک‌کننده، گرما به سیال خنک‌کن منتقل می‌شود. میزان خنک شدن، بسته به نوع سامانه و فرایند، متغیر است. انواع سامانه‌های خنک‌کننده به سه گروه اصلی گردشی بسته، گردشی باز و گذرا تقسیم می‌شوند.

الف) سامانه‌های خنک‌کنندهٔ گردشی بسته

در سامانه‌های گردشی، آب در نقطه‌ای گرم شده و در جای دیگر خنک می‌شود. در سامانهٔ چرخشی کاملاً بسته، آب خنک‌کننده از میان سامانه عبور کرده و بدون اینکه هیچ‌گونه آبی تلف شود، به مخزن اصلی خود بر می‌گردد (شکل ۱).



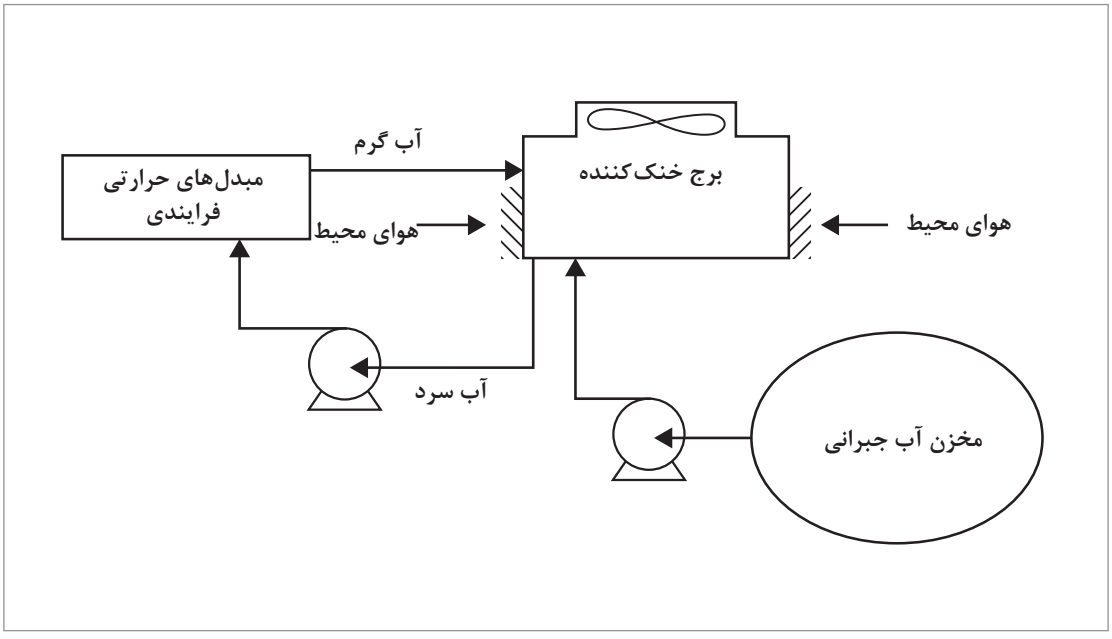
شکل ۱ــ طرح ساده‌ای از سامانهٔ خنک‌کننده گردشی بسته

پرسش

نمونه‌هایی از سامانه خنک‌کننده گردشی بسته را نام ببرید.

ب) سامانه‌های خنک‌کنندهٔ گردشی باز

سامانه‌های خنک‌کنندهٔ باز، از رایج‌ترین سامانه‌های خنک‌کننده می‌باشند. در این سامانه‌ها در هر چرخهٔ گردش، حدود ۲ تا ۳ درصد آب تبخیر می‌شود، بنابراین آب تازه جایگزین آن می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲ــ طرح ساده‌ای از سامانهٔ خنک‌کنندهٔ گردشی باز

پ) سامانه‌های خنک‌کننده گذرا

در سامانهٔ خنک‌کنندهٔ گذرا، آب از داخل رودخانه، دریا و... به داخل سامانه فرستاده شده یک بار از داخل واحدهای خنک‌کننده عبور می‌کند و دوباره به منبع اصلی خود برگشت داده می‌شود. بنابراین، مصرف آب در این سامانه‌ها خیلی زیاد است و ملاحظات زیست‌محیطی شدیدی در این سامانه باید رعایت شود (شکل ۳).

شکل ۳ــ نمونه‌ای از سامانهٔ خنک‌کننده گذرا در مجاور رودخانه‌ها

بیشتر دستگاه‌های خنک‌کننده از یک مدار بسته تشکیل شده‌اند که آب در این دستگاه‌ها نقش جذب، دفع و انتقال گرما را به عهده دارد، یعنی آب، گرمای به‌وجود آمده توسط فرایند را جذب و از آن دور می‌سازد. این کار باعث یکنواختی عملیات و پایداری دستگاه‌ها می‌شود. باید توجه داشت که آب، بخشی از گرمای خود را به روش‌های تشعشع، هدایتی، جابه‌جایی و بقیه را از راه تبخیر از دست می‌دهد. در دستگاه‌هایی که به دلایلی مجبوریم آب را در آنها به‌کار ببریم، باید به‌گونه‌ای گرمای آب را دفع کرد. این کار با به‌کار بردن برج‌های خنک‌کننده انجام می‌گیرد. در تمام کارخانه‌ها تعداد زیادی مبدّل حرارتی وجود دارد که در بیشتر آنها، آب عامل خنک‌کنندگی است. به دلایل زیر آب از متداول‌ترین سردکننده‌ها است:

۱ نسبت به سایر خنک‌کننده‌ها به مقدار زیاد و ارزان در دسترس می‌باشد.

۲ به آسانی می‌توان از آن استفاده نمود.

۳ قدرت سردکنندگی آن نسبت به مایعات دیگر بیشتر است.

۴ با تغییر دما، انقباض و انبساط آن جزئی است.

هر چند که آب برای انتقال گرما بسیار مناسب است، ولی با به کار بردن آن، مشکلاتی نیز به‌وجود می‌آید.

پرسش

معایب و محاسن استفاده از آب را به عنوان خنک‌کننده نام ببرید.

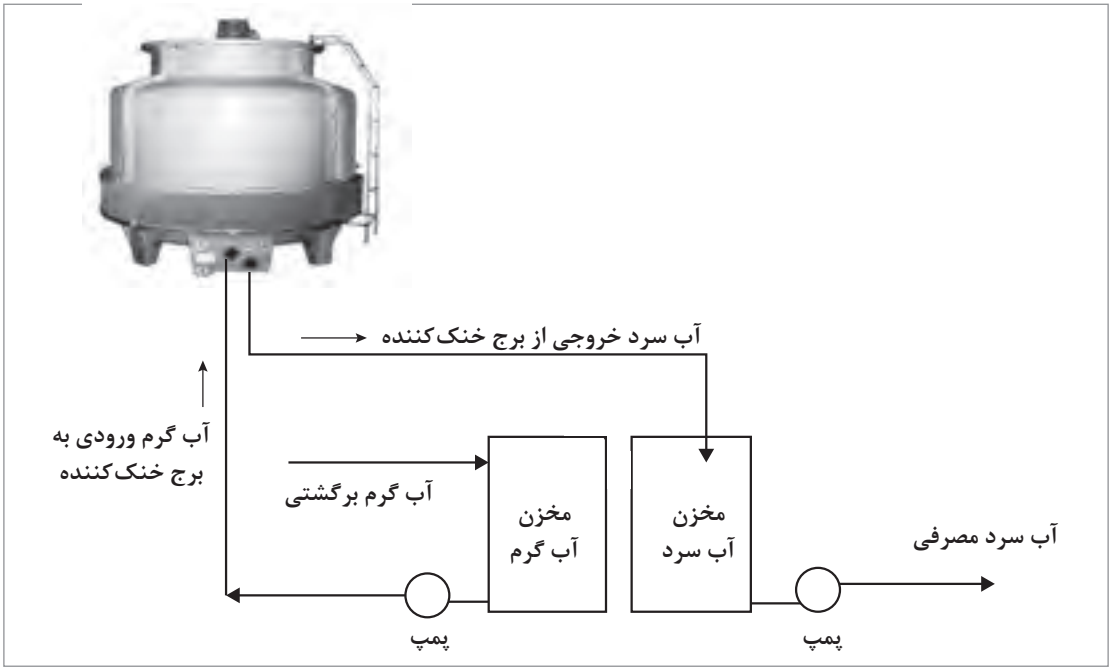
فیلم

انواع خنک‌کننده‌ها و عملیات خنک‌کاری

تحقیق کنید

با چه روش‌هایی می‌توان محل زندگی خود را خنک کرد؟ (حداقل پنج روش را بررسی کنید).

شکل ۴، یک نمونه سامانهٔ خنک‌کنندهٔ ساختمان‌ها، را نشان می‌دهد.



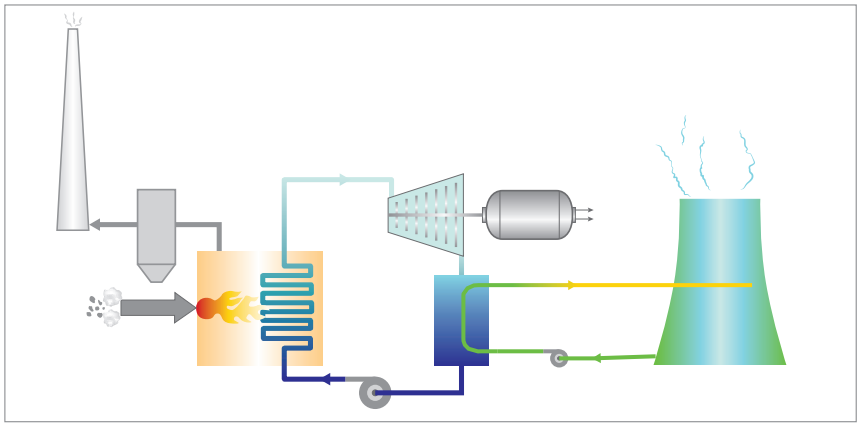
شکل ۴ـ یک نوع سامانهٔ خنک‌کنندهٔ ساختمان‌ها

در ادامه، انواع دستگاه‌های خنک‌کننده شامل برج خنک‌کننده[۱]، سامانهٔ خنک‌کننده خودرو و خنک‌کننده‌های پمپ و کمپرسور معرفی می‌شوند.

برج خنک‌کننده

در اغلب کارخانه‌ها یکی از مهم‌ترین دستگاه‌ها، انواع برج‌های خنک‌کننده می‌باشد. این برج‌ها علاوه بر آب، به منظور خنک‌کردن سیالات دیگر نیز به‌کار می‌روند. برج‌های خنک‌کننده معمولاً حجیم هستند و به علت پاشیدن آب به محیط اطراف خود، معمولاً آنها را در انتهای فرایند نصب می‌کنند (شکل ۵). اکنون در ایران ساخت این برج‌ها در حد وسیعی صورت می‌گیرد.

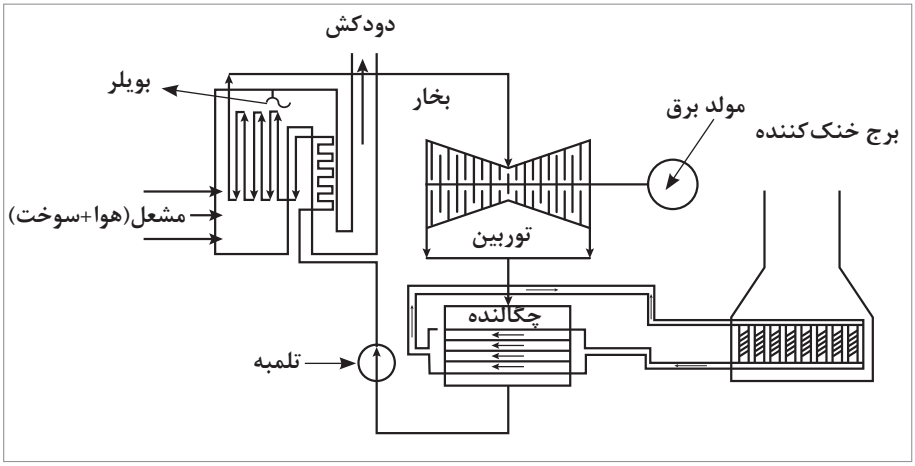
۱ـ Cooling Tower



شکل ۵ــ موقعیت برج خنک‌کننده در یک فرایند

برج خنک‌کننده، دستگاهی است که با ایجاد سطح وسیع تماس آب با هوا، تبخیر را آسان کرده و باعث خنک شدن سریع آب می‌گردد. عمل خنک شدن، در اثر از دست دادن گرمای نهان تبخیر انجام می‌شود؛ در حالی که تبخیر شدن مقدار کمی از آب، نیز باعث خنک شدن بقیهٔ آن می‌شود. به عبارت دیگر، برج خنک‌کننده، وسیله‌ای برای دفع حرارت زائد آب مورد استفاده در چگالنده‌ها، به طریق تبادل حرارتی با هوا است. برج‌های خنک‌کننده معمولاً با تبخیر آب، حرارت ایجاد شده را دفع کرده و آب را تا دمای حباب مرطوب هوا کم می‌کنند.

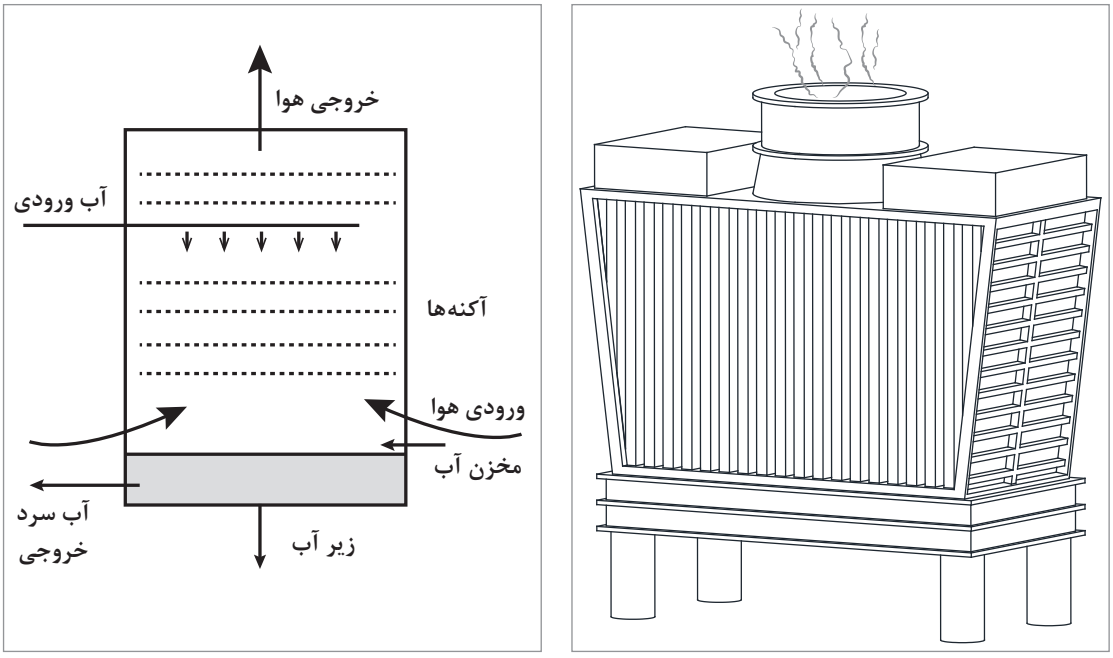
کاربرد برج خنک‌کننده: کاربرد برج‌های خنک‌کننده به قرن نوزدهم میلادی و اختراع چگالنده (کندانسور) برای استفاده در موتور بخار برمی‌گردد. نیروگاه‌های بخار به یک پس‌زنندهٔ گرما به خارج از چگالنده نیاز دارند. در این سامانه آب خنک‌کننده، چرخه‌ای را بین چگالنده و برج خنک‌کننده طی می‌نماید. آب خنک‌کننده به‌طور مستقیم در چگالنده با بخار خروجی از توربین برخورد کرده و با گرفتن گرمای نهان تبخیر، آن را مایع می‌کند. سپس گرمای گرفته شده را در اثر جریان طبیعی هوا در برج، به هوای محیط می‌دهد (شکل ۶).



شکل ۶ــ جایگاه برج خنک‌کننده در نیروگاه بخار

اساس کار

اساس کار تمام برج‌های خنک‌کننده بر مبنای ایجاد سطح تماس بیشتر بین جریان آب گرم و هوای سرد و در نتیجه تبادل حرارتی بین این دو می‌باشد. در برج‌های خنک‌کننده، آب گرم توسط لوله‌هایی به بالای برج منتقل شده و در آنجا یا به‌صورت طبیعی و یا با آب‌فشان‌هایی به سمت پایین برج به جریان می‌افتد. آب گرم در طول این مسیر، با توجه به نوع برج، به شیوه‌های مختلف با جریان هوای سرد برخورد می‌کند و خنک می‌شود.



شکل ۷ــ طرح ساده‌ای از نمای داخلی و خارجی یک نمونه برج خنک‌کنندهٔ آزمایشگاهی

انواع برج خنک‌کننده:

برج‌های خنک‌کننده، بر اساس میزان رطوبت به سه دستهٔ مرطوب[۱]، خشک[۲] و خشک‌ـمرطوب[۳] تقسیم می‌شوند.

الف) برج‌های خنک‌کنندهٔ مرطوب

برج‌های خنک‌کنندهٔ مرطوب، حرارت فرایندها را به‌وسیلهٔ سازوکارهای زیر به محیط می‌دهند:

۱ با افزایش دمای هوای اطراف؛

۲ با تبخیر بخشی از آب در حال گردش در سامانه؛

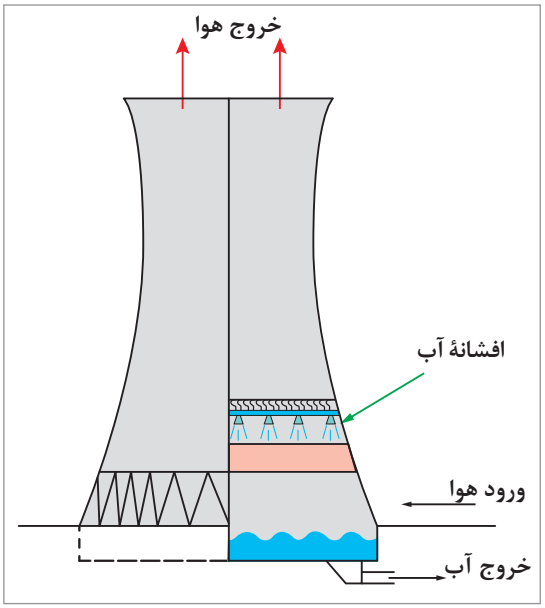
۳ با افزایش دمای مخزن طبیعی آب جمع‌آوری سرد شده

۱ـ Wet Cooling Towers

۲ـ Dry ـ Cooling Towers

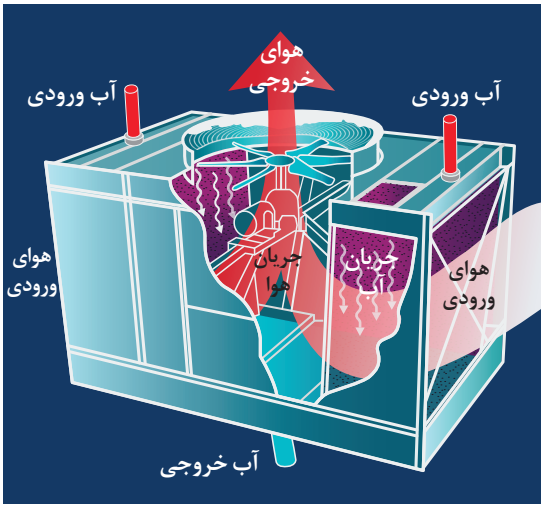
۳ـ Wet ـ Dry Cooling Towers

مطابق شکل ۸، برج‌های خنک‌کننده، یک سامانهٔ توزیع و پخش آب گرم دارند که آب را به‌صورت یکنواخت روی یک شبکهٔ کاری مشبک از تخته‌های افقی قرار می‌دهند. این شبکه‌ها آکنه نامیده می‌شوند.



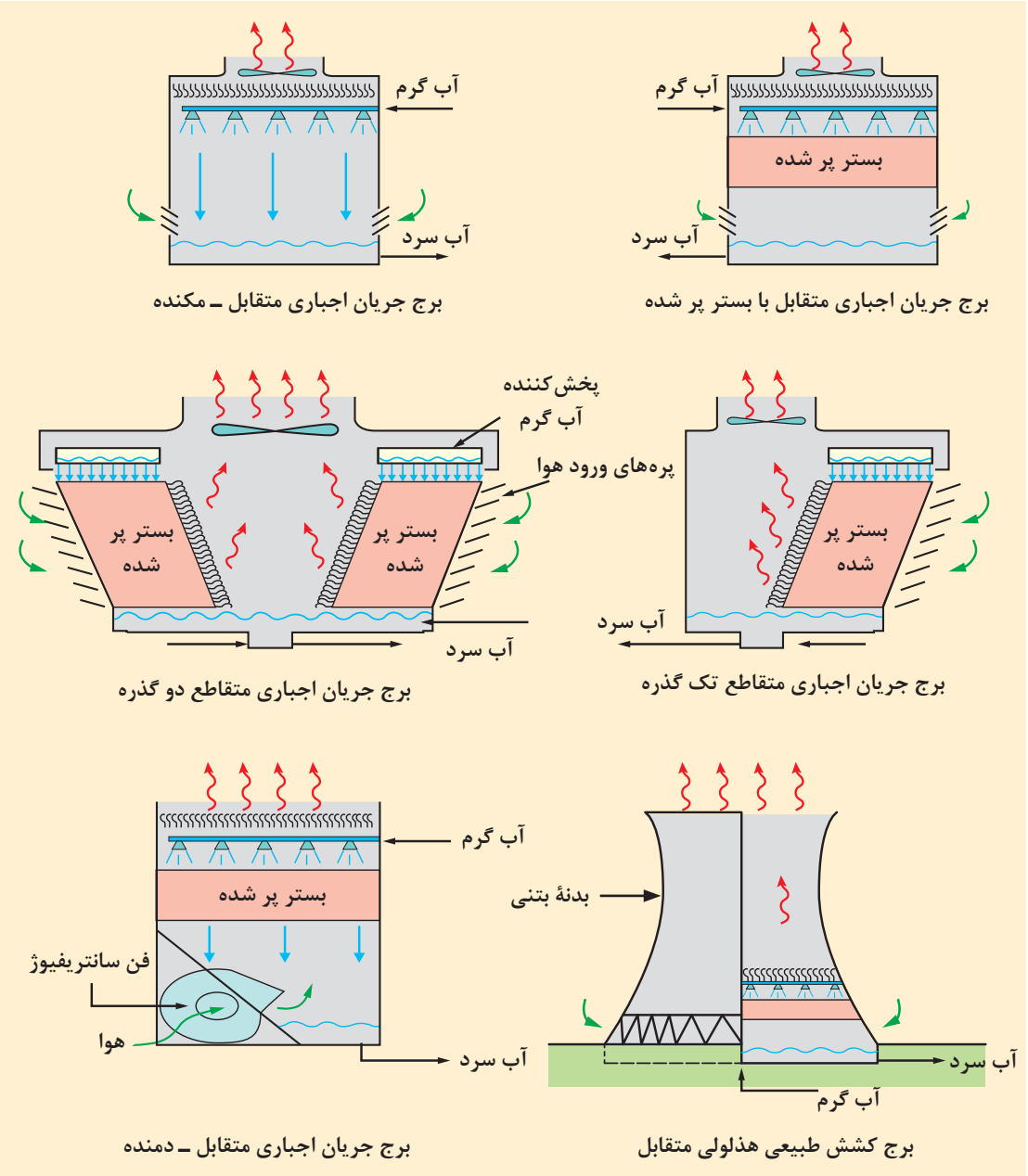
شکل ۸ ــ طرح ساده‌ای از یک برج خنک‌کنندهٔ مرطوب

آکنه‌ها آب سرازیر شده از بالای برج را با هوایی که از میان آنها حرکت می‌کند، کاملاً مخلوط کرده، به‌طوری‌که آب توسط نیروی وزن خود به‌صورت یک قطره از یک آکنه به سطح آکنهٔ دیگر می‌ریزد. هوای بیرونی از طریق منافذی که به‌صورت تیغه‌های افقی کرکره‌ای در اطراف برج قرار دارند، وارد می‌شود. این تیغه‌ها به منظور نگه‌داری آب در داخل برج، به طرف پایین، مایل هستند. در اثر مخلوط شدن آب و هوا، انتقال حرارت و انتقال جرم اتفاق افتاده و در نتیجه آب، سرد می‌گردد. آب خنک در حوضچهٔ بتنی که در انتهای برج قرار دارد، جمع‌آوری و سپس به طرف چگالنده، تلمبه می‌شود. اکنون هوای مرطوب از بالای برج خارج می‌گردد (شکل ۹). برج‌های خنک‌کنندهٔ مرطوب به دو صورت برج‌های خنک‌کننده با کشش طبیعی و برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی دسته‌بندی می‌شوند.



شکل ۹ــ نمایی برش خورده از برج خنک‌کنندهٔ مرطوب

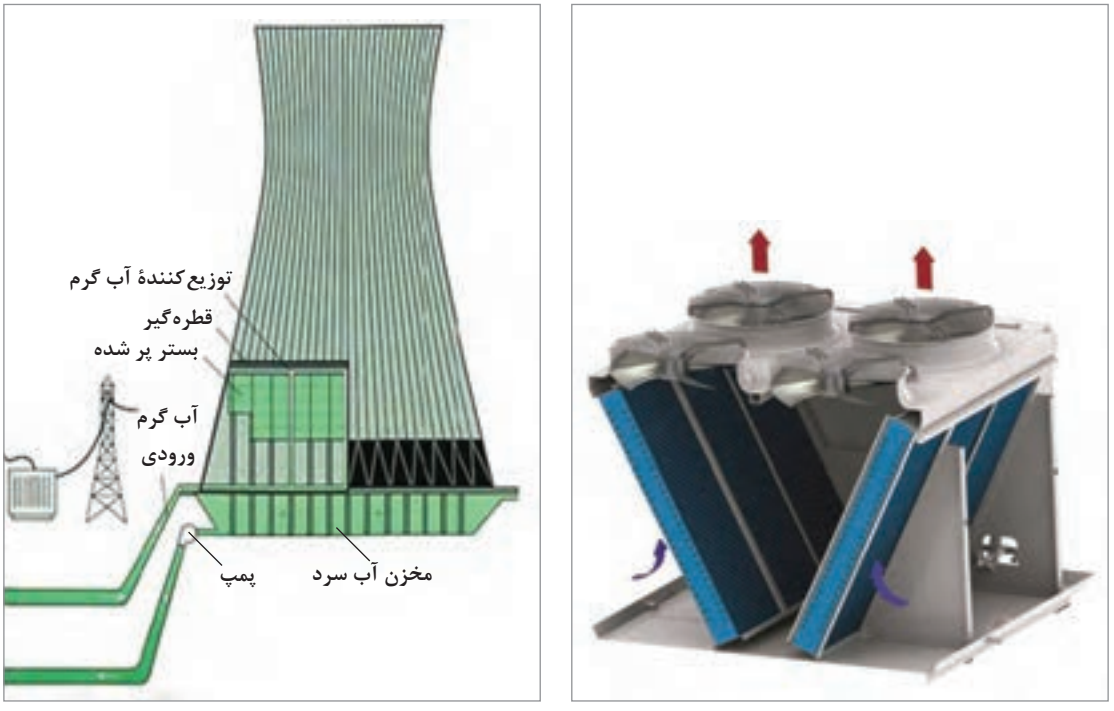
شکل ۱۰ انواع آرایش‌های برج خنک‌کنندهٔ مرطوب را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰ـ انواع آرایش‌های برج‌های خنک‌کنندهٔ مرطوب

ب) برج‌های خنک‌کنندهٔ خشک

در مکان‌هایی که آب کافی برای برج خنک‌کنندهٔ مرطوب وجود ندارد، باید از اتلاف میزان آب بر اثر تبخیر، جلوگیری به عمل آمده، بنابراین از این نوع برج‌ها استفاده می‌شود. در برج‌های خنک‌کنندهٔ خشک، آب در حال گردش از میان لوله‌های پره‌دار عبور کرده به‌طوری‌که هوای سرد از روی آنها عبور می‌کند. بنابراین، حرارت آب در حال گردش از طریق لوله‌ها خارج و جذب هوای سرد می‌گردد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ــ طرح ساده‌ای از یک برج خنک‌کنندهٔ خشک

برج‌های خنک‌کنندهٔ خشک نیز می‌توانند با کشش طبیعی و یا با کشش مکانیکی عمل نمایند. یک افشانک هوا که با بخار کار می‌کند، با خارج کردن هوا و سایر گازهای غیرقابل تراکم، به برقراری خلأ کمک می‌کند. برای جلوگیری از ورود هوا به داخل دستگاه، پمپ، اختلاف فشار در داخل برج را مثبت نگه می‌دارد. فشار و دماهایی که یک برج خنک‌کنندهٔ خشک به‌کار می‌برد، به‌طور قابل ملاحظه‌ای، بیشتر از برج مرطوب است. در یک برج خنک‌کنندهٔ خشک با کشش طبیعی، شناوری هوای گرم شده باعث جریان یافتن هوا در سرتاسر سطوح تبادل حرارتی می‌گردد که برای انتقال حرارت آب داغ به جریان هوا ضروری است. همچنین می‌توان جریان هوا را با ایجاد کشش القایی یک بادبزن (پنکه یا فن) افزایش داد. کشش مکانیکی استفاده شده از یک بادبزن، اندازهٔ برج را کاهش می‌دهد، ولی باعث اتلاف انرژی بیشتری در دستگاه می‌گردد. در برج خنک‌کنندهٔ خشک برخلاف برج خنک‌کنندهٔ مرطوب، یخ‌زدگی که (در شرایط خاص جوی) پدید می‌آید، ایجاد نمی‌شود.

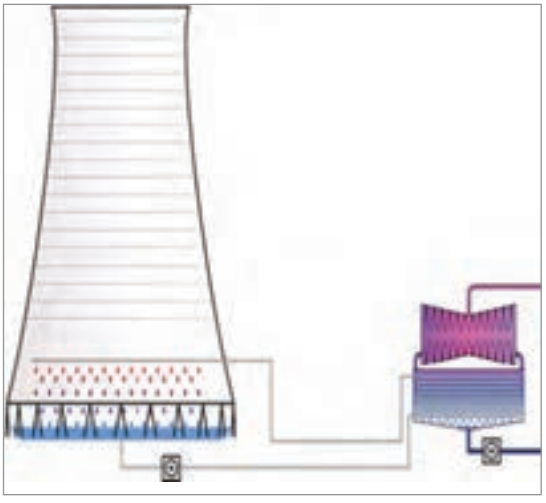
ج) برج‌های خنک‌کنندهٔ خشک ـ مرطوب

با توضیحاتی که در مورد دو نوع برج قبلی داده شد، مشخص می‌شود که برج‌های مرطوب همیشه مقداری آب به‌صورت تبخیر، مکش توسط هوا و نشتی مصرف می‌کنند. همچنین این برج، دچار مشکل پراکندن ذرات آب است. برج‌های خنک‌کنندهٔ خشک مشکلی بر کارکرد نیروگاه به‌خصوص در موقع گرم شدن هوای محیط تحمیل می‌کنند. در چنین مواردی برای کاهش عوارض حاصل از دو نوع برج ذکر شده، از برج‌های خنک‌کننده خشک‌ـمرطوب استفاده می‌شود. همان‌طوری‌که از نام این نوع برج‌ها استنباط می‌شود، یک برج خنک‌کنندهٔ خشک‌ـمرطوب، به‌وسیلهٔ ترکیبی از برج‌های خشک و مرطوب عمل می‌کند. در این‌گونه برج‌ها، قسمت بالای آن، بخش خشک می‌باشد که شامل لوله‌های پره‌دار است و قسمت پایین برج که دارای آکنه‌هایی است، قسمت مرطوب است. آب گرم فرایند، از قسمت فوقانی برج وارد لوله‌های پره‌دار شده و ضمن عبور مارپیچ از لوله‌ها، قسمت خشک را ترک کرده و تحت اثر نیروی جاذبه از میان آکنه‌ها در قسمت مرطوب، به حوضچهٔ آب سرد می‌ریزد. هوای محیط از میان قسمت‌های خشک و مرطوب کشیده می‌شود و هوایی که برج را ترک می‌کند، زیر اشباع است (شکل ۱۲).

برج‌های خشک ـ مرطوب دو فایده مهم دارند:

۱ هوای خروجی، نسبت به برج مرطوب ذرات آب کمتری ایجاد می‌کند.

۲ چون آب قبلاً در قسمت خشک، خنک شده است، بنابراین، تبخیر کاهش یافته و در نتیجه از مصرف آب جبرانی برای جبران تبخیر آب، به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاسته خواهد شد.



شکل ۱۲ـ طرح ساده‌ای از یک برج خنک‌کنندهٔ خشک ـ مرطوب

با استفاده از نمودار و جدول‌های رطوبت‌سنجی، می‌توان مقدار گرمای خارج شده از برج خنک‌کننده و شرایط ترمودینامیکی هوا و آب را در هنگام ورود و خروج از برج به‌دست آورد.

از آنجایی‌که در بسیاری از صنایع، آب متداول‌ترین سیال خنک‌کنندهٔ فرایندهای گوناگون است، در ادامه انواع برج‌های سردکنندهٔ آب معرفی می‌شوند.

انواع برج‌های خنک کنندهٔ آب

برج‌هایی که برای سرد کردن آب گرم خروجی از انواع فرایندها، مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولاً از چوب ساخته می‌شوند. این چوب از نوع مخصوص است که مقاومت بسیاری در مقابل رطوبت دارد. معمولاً در اثر تماس آب با چوب احتمال روییدن گیاهان قارچی در درون خلل و فرج چوب وجود دارد. از این‌رو، پوشش نازکی از لاستیک نئوپرین روی چوب ایجاد می‌کنند تا از حملهٔ گیاهان قارچی در امان باشد. بر دیواره‌های برج علاوه بر چوب از مواد دیگری نظیر ملات، پنبه نسوز و پلاستیک‌های مختلف استفاده می‌شود. حتی برج‌هایی وجود دارند که تماماً از مواد پلاستیک ساخته می‌شوند. آکنه‌های داخل برج همگی از جنس چوب بوده و به‌صورت قطعات باریک و نازک بر روی یکدیگر قرار داده می‌شوند. چوب‌ها را می‌توان به انواع مختلف روی یکدیگر قرارداد. نوع بسیار رایج این است که در هر ردیف، موازی با هم چیده شوند و جهت چوب‌ها در هر ردیف عمود بر جهت آنها در ردیف بالاتر باشد. استفاده از آکنه‌های پلاستیکی و حتی از جنس استیل (فولاد ضدزنگ) نیز مقدور است که در آن صورت به کمک قالب‌ریزی آنها را به‌صورت شبکه‌های مختلف در می‌آورند. برای آنکه افت فشار در طول برج به کمترین حد ممکن کاهش یابد درصد فضای خالی به حجم برج معمولاً بسیار زیاد و در حدود ۹۰ درصد در نظر گرفته می‌شود. در چنین حالتی می‌توان انتظار داشت که فاز آب علاوه بر حرکت از روی آکنه‌ها به شکل قطرات مجزا در فضای خالی برج به پایین بریزد که در این صورت سطح تماس موجود بین آب و هوا علاوه بر قسمت‌های مرطوب آکنه‌ها، شامل مجموع سطوح این قطرات نیز می‌باشد. بنابراین خصوصیت مشترک برج‌های خنک‌کننده این است که آب توسط نیروی وزن خود از بالا روی آکنه‌ها ریخته و توسط جریان هوایی که اطراف آن وجود دارد، خنک می‌شود. برج‌های خنک‌کننده به دو دستهٔ عمده تقسیم می‌شوند:

- ✓ برج‌های خنک‌کننده با کشش طبیعی هوا
- ✓ برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی هوا

هر یک از این برج‌ها نیز از نظر جهت جریان به دو دستهٔ متقابل[۱] و متقاطع[۲] دسته‌بندی می‌شوند.

انواع برج‌های خنک‌کننده با کشش طبیعی هوا

این برج‌ها شامل استخرهای خنک‌کننده، استخرهای آب‌پاش، برج‌های جوّی و برج خنک‌کننده با کوران طبیعی هستند. در ادامه توضیح مختصر هر کدام از این برج‌ها آورده شده است.

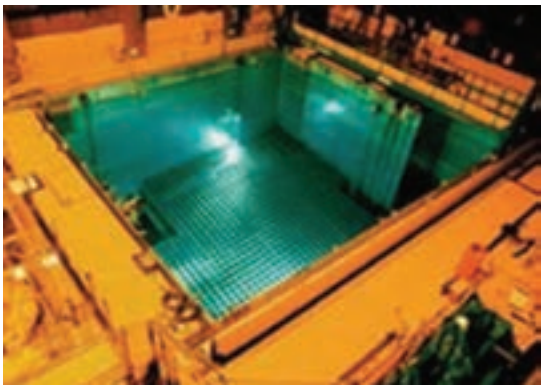
۱ استخرهای خنک‌کننده

استخرهای خنک‌کننده ساده‌ترین نوع دستگاه‌های خنک‌کننده می‌باشند و عمل خنک شدن به‌وسیلهٔ تماس آب با هوا در سطح استخر انجام می‌گیرد. قسمتی از خنک شدن به‌وسیلهٔ تماس آب با هوا در سطح استخر انجام گرفته و قسمتی از خنک شدن نیز به وسیلهٔ تبادل حرارت و انتقال آن به دیواره‌ها و کف استخر انجام می‌گیرد. آب از یک سوی استخر خارج شده و آب برگشتی از طرف دیگر وارد استخر می‌گردد. ساختن این نوع

۱ـ Counter Flow

۲ـ Cross Flow

دستگاه‌های خنک‌کننده بسیار آسان است ولی احتیاج به فضای وسیعی داشته و مخارج بسیاری برای عمل حفاری لازم است (شکل ۱۳). میزان انتقال حرارت در این نوع استخرهای خنک‌کننده بسیار کم بوده و بازده، پایین می‌باشد.



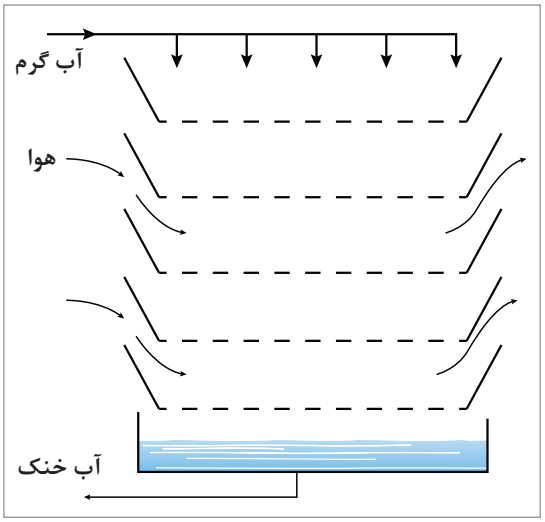
شکل ۱۳ـ استخر خنک‌کننده

۲ استخرهای آب‌پاش

این استخرها دارای آب‌پاش‌هایی هستند که چندین فوت بالاتر از استخر قرار گرفته‌اند. این استخرها دارای دیواره‌های روزنه‌دار گنبدی شکلی هستند که کار این حصارها جلوگیری از انتقال آب توسط جریان هوا می‌باشد. از مزایای این نوع استخرها نسبت به نوع قبلی اشغال فضای کمتر، مخارج احداث کمتر و زمان تماس کمتر آب و هوا می‌باشد. (شکل ۱۴)

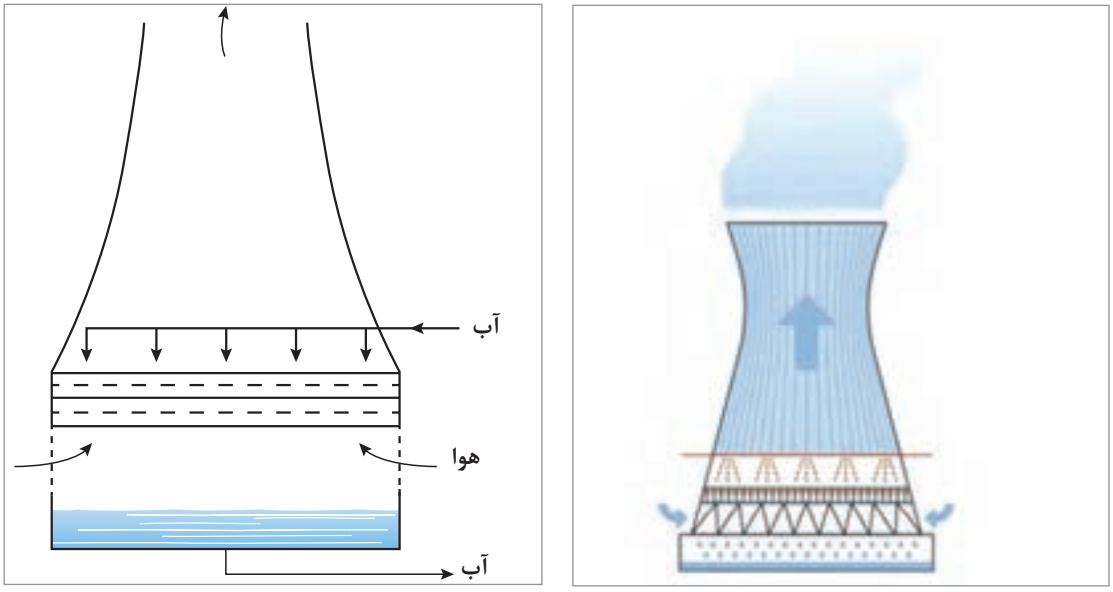
شکل ۱۴ـ استخر خنک‌کنندهٔ آب‌پاش

برج‌های جوّی: حرکت هوا در این برج‌ها بستگی به وزش باد دارد. آب از بالای برج به طرف پایین سرازیر شده و جریان هوا، به‌طور افقی جریان عمودی آب را قطع می‌کند. در این حالت، قسمتی از جریان هوا را جابه‌جایی گرمای حاصل از آب گرم به‌وجود می‌آورد. این نوع برج‌ها عمر کوتاهی دارند. از خصوصیات ویژهٔ این نوع برج‌ها بلند بودن ساختمان برج است، بنابراین، پمپ‌هایی با هد زیاد برای پمپ‌کردن آب به بالای برج لازم است. در ساخت این نوع برج‌ها باید دقت بسیار زیادی به‌خرج داد تا استحکام و مقاومت آنها در برابر وزش بادهای شدید، زیاد باشد. چون این نوع برج‌ها دارای ارتفاع زیادی هستند، لذا احتیاج به لنگرهای مناسبی دارند. افت دمایی آب به سرعت و جهت حرکت باد بستگی دارد و مخارج احداث زیاد است. شکل ۱۵ یک نمونه برج جوّی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵ـ طرح ساده‌ای از برج جوّی

برج خنک‌کننده با کوران طبیعی: این نوع برج‌ها ابتدا در اروپا توسعه یافتند. نخستین برج خنک‌کننده با کشش طبیعی، در هلند بنا شد که از چوب ساخته شده بود. بعدها جنس این برج‌ها از چوب به استیل تغییر یافت، ولی امروزه این نوع برج‌ها از بتن مسلح ساخته می‌شوند. در ابتدا شکل آنها شبیه استوانه‌هایی بود که از وارونه کردن یک مخروط ناقص از طرف دیگر آن به‌دست می‌آمد ولی امروزه شکل آنها به‌صورت هذلولی (هیپربولیکی) است. یک برج خنک‌کننده با کشش طبیعی شامل یک پوستهٔ خالی به شکل دودکش است که ممکن است بالغ بر ۱۰۰ متر ارتفاع و ۱۰۰ متر قطر داشته باشد. در حالی که در دودکش خنک‌کننده، آکنه‌هایی تعبیه شده که وظیفهٔ پخش بهتر آب را انجام می‌دهند و ارتفاع بستر آکنه‌ای به ۱۰ متر می‌رسد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶ــ برج خنک‌کننده با کوران طبیعی

در حال حاضر در بالای دودکش خنک‌کننده معمولاً یک حذف‌کننده نصب می‌شود تا از خروج قطره‌های آب همراه هوا جلوگیری نماید. در غیر این صورت قطرات آب توسط جریان هوا به بیرون منتقل می‌شوند و در صورت خروج، در اطراف برج ته‌نشین شده و به‌صورت باران کثیف در می‌آیند. پوستهٔ این برج‌ها از بتن آرمه ساخته می‌شود که شکل آن به‌صورت هذلولی تغییر یافته است. این پوسته بر روی پایه‌هایی که به منظور ورود هوای آزاد ساخته شده است، نگه‌داشته می‌شوند. همچنین این پایه‌ها جهت داشتن مقاومت لازم در برابر نیروهای حاصل از جریان هوا، در داخل پوسته به‌صورت شیب‌دار ساخته می‌شوند. چون این نوع از برج‌ها از پروانه یا فن جهت جریان هوا استفاده نمی‌کنند، باید عاملی برای ایجاد جریان هوا وجود داشته باشد. این عامل به‌صورت فشار توسط اختلاف چگالی‌های هوای سرد خارج و هوای گرم و مرطوب داخل ایجاد می‌گردد. شکل خاص هذلولی مانند دودکش این نوع برج‌ها، به جریان یافتن بهتر هوا کمک می‌کند. آب توسط پمپ به آب‌فشان که در بالای شبکه‌ای از چوب قرار گرفته است، وارد شده و ضمن پایین آمدن از روی شبکه‌ها، قطرات جدیدی تشکیل می‌گردد. سپس این قطرات جدید بر روی آکنه‌ها ریخته و این عمل تا پایین برج

ادامه می‌یابد. در اینجا بین هوای سرد ورودی از انتهای برج و قطرات آب سرازیرشده، انتقال حرارت صورت گرفته و در نتیجه حرارت از طرف آب به سوی هوا منتقل می‌گردد. وظیفهٔ اصلی دودکش خنک‌کننده، افزایش سطح جانبی بین آب گرم و هوای سرد است که این عمل به‌وسیلهٔ پاشیدن قطرات ریز آب در آکنه‌ها صورت می‌گیرد. برج‌های خنک‌کننده با کوران طبیعی ممکن است از نوع جریان متقابل (جهت حرکت هوا و قطرات مخالف یکدیگر) و یا از نوع جریان متقاطع (جهت حرکت هوا و قطرات عمود بر یکدیگر) باشند. در برج‌های جریان متقابل آکنه‌ها به‌صورت یک سطح وسیع گسترده شده‌اند و در نتیجه دارای ارتفاع کمی هستند. انتخاب بین انواع مختلف برج‌های خنک‌کننده به عوامل زیادی بستگی دارد که شرایط اقلیمی، اقتصادی و آب و هوایی از مهم‌ترین آنها می‌باشند.

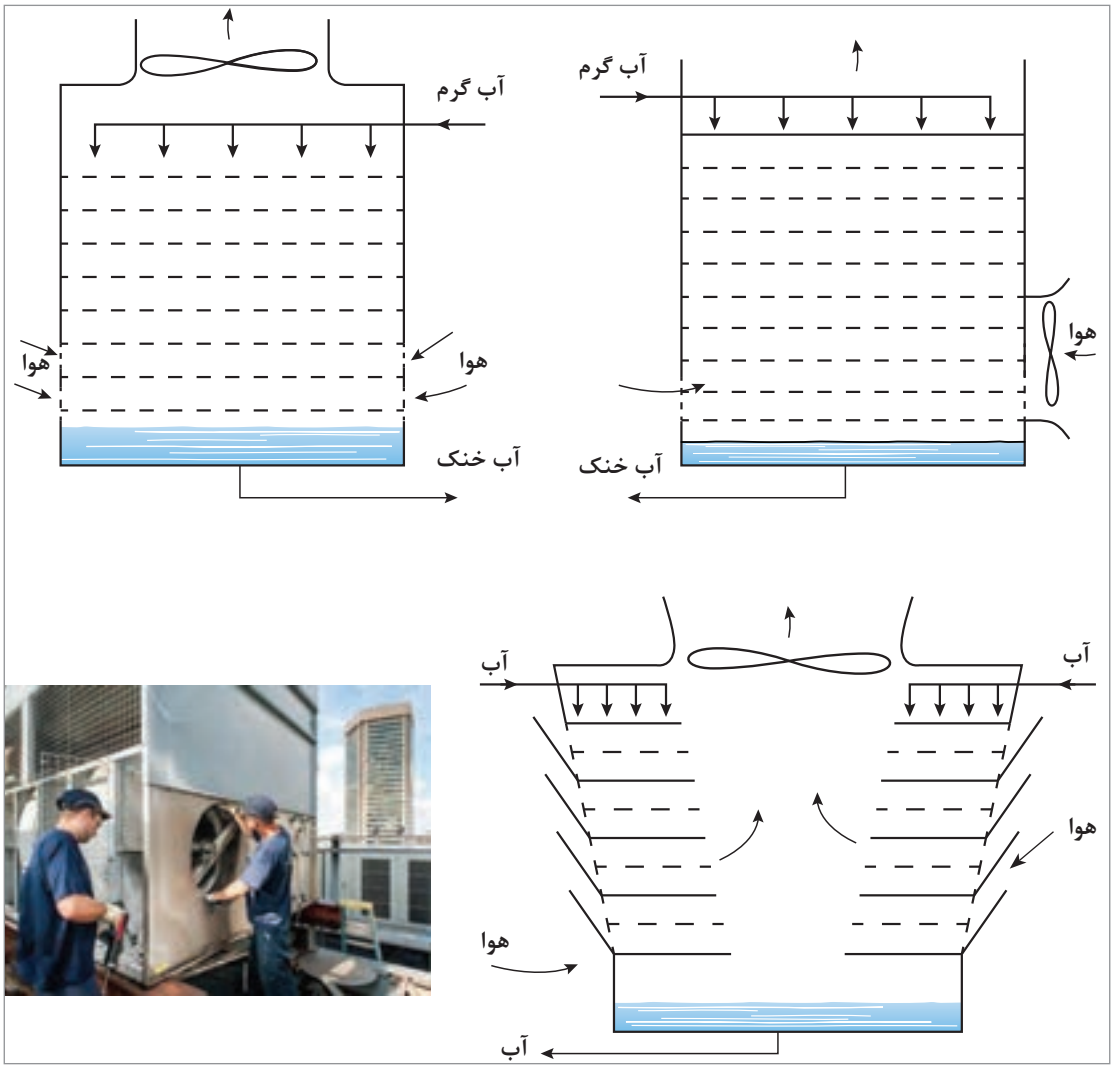
برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی (اجباری) هوا

در این نوع از برج‌ها، هوا به‌وسیلهٔ یک یا چند بادبزن (فن) که به‌طور مکانیکی عمل می‌نمایند به حرکت در می‌آید (شکل ۱۷). در برج‌های کشش مکانیکی، فن‌ها جایگزین دودکش‌ها در برج‌های کشش طبیعی می‌شوند. خصوصیات عمل سرمایش (خنک‌کردن) قدری متفاوت است. در شرایط آب و هوایی که رطوبت بسیار پایین است، برج‌های کشش طبیعی به‌طور رضایت بخشی عمل می‌کنند ولی برج‌های کشش مکانیکی بسیار اقتصادی‌تر خواهند بود. بدون شک برای واحدهای کوچک برج‌های کشش مکانیکی ارزان‌تر از برج‌های کشش طبیعی است، اما در مورد واحدهای بزرگ که تمایل به زیاد شدن هزینه‌های اصلی و اولیه وجود ندارد، به‌کار بردن برج‌های کشش مکانیکی، از نظر هزینهٔ توان مورد نیاز بادبزن باید مورد بررسی قرار گیرد. یکی از اشکالات کاربرد برج‌های کشش مکانیکی، تخلیهٔ ذرات پخش شده از برج در ارتفاع کم می‌باشد که ممکن است این ذرات به داخل ورودی‌های هوا کشیده شوند. این برگشت دوبارهٔ ذرات می‌تواند سبب نزول ذرات و بدی عملکرد مجموعهٔ بزرگی از تجهیزات برج‌های کشش مکانیکی گردد. به علاوه اگر ذرات به طرف زمین کشیده شوند، ممکن است اطراف برج مه‌آلود شود. از مزایای اصلی این برج‌ها می‌توان موارد زیر را نام برد:

۱ اطمینان از به جریان انداختن هوای مورد نیاز به هر میزان و در هر شرایط اقلیمی و آب و هوایی؛
۲ استفاده از پمپ‌های با فشار کم؛
۳ اشغال فضای کمتر؛
۴ تنظیم دقیق دمای آب.

از معایب این نوع برج‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱ قدرت زیاد بادبزن‌ها مستلزم هزینهٔ زیادتر است؛
۲ ایجاد سر و صدا و لرزش‌های فراوان حاصل از گردش پروانه‌ها؛
۳ خسارات ناشی از خرابی بادبزن‌ها (فن‌ها) و فساد چوب‌ها.



شکل ۱۷ـ نمونه‌ای از برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی هوا

همچنین برای انجام عملیات خنک‌سازی آب می‌توان از انواع برج‌های آکنده و سینی‌دار استفاده نمود، ولی این دسته از برج‌ها دارای هزینهٔ ساخت و افت فشار بالایی هستند. با وجود این، در مواردی که فازهای موردنظر، آب و هوا باشند به علت فراوانی و ارزان بودن آنها از دستگاه‌های دیگری استفاده می‌گردد که ساختن و نگه‌داری آنها مستلزم هزینه‌های زیادی نمی‌باشد.

برج‌های خنک‌کننده و اجزای آن

اختلاف فشار بخار آب بین سطح آب و هوا باعث تبخیر می‌شود. این اختلاف بستگی به دمای آب و میزان اشباع هوا از آب دارد. مقدار گرمایی که به‌وسیلهٔ مایعی جذب یا دفع می‌شود از معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$E=W\times S\times TD$$

E:گرمای جذب شده بر حسب BTU/h
W: دبی مایع خنک‌شونده بر حسب lb/h
S: گرمای ویژهٔ مایع خنک‌کننده بر حسب BTU/lb.°F
TD:کاهش دمای مایع خنک‌شونده بر حسب °F
در حالی‌که عمل خنک شدن از طریق تبخیر انجام می‌گیرد، گرمای نهان تبخیر از دست داده شده باید به گرمای جذب شده اضافه گردد و آن برابر است با حاصل ضرب گرمای نهان تبخیر در دبی. مقدار تبخیر بستگی به سطح برخورد آب با هوا و همچنین شدت جریان هوا دارد.
اجزای اصلی یک برج خنک‌کننده شامل لوله‌ها، آکنه‌ها، حوضچه، بادبزن‌ها و حذف‌کننده‌ها می‌باشد که در ادامه به توضیح آنها پرداخته می‌شود.

الف) لوله‌ها: شامل قسمت‌هایی هستند که در جریان انتقال حرارت دخالت داشته و باعث می‌شوند که مقدار آب گَرد (ریز) شده که همراه باد خارج می‌شود، کم شده و از خروج آنها از برج جلوگیری شود. همچنین نگهدار خوبی برای قسمت‌های دیگر برج می‌باشند.

ب)حوضچه: حوضچه در پایین برج قرار دارد که آب خنک‌کننده در آن جمع می‌گردد. به حوضچه، یک جریان به نام آب تکمیلی یا آب جبرانی وارد می‌شود و یک جریان برای استفاده در دستگاه‌های تبادل حرارت از آن خارج می‌گردد. آب علاوه بر جمع‌آوری در حوضچه، قبل از اینکه به سمت کندانسور، پمپ شود، صاف نیز می‌گردد. حوضچه‌های برج‌های بزرگ و مفید از بتن ساخته شده‌اند. عموماً این حوضچه‌ها طوری طراحی می‌شوند که برج بدون اضافه کردن آب جبرانی می‌تواند برای چندین ساعت کار کند. از عمل «زهکشی» برای برطرف کردن لجن ته نشین شده و کنترل سطح آب استفاده می‌شود.

پ) بادبزن‌ها (فن‌ها): در برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی، بادبزن‌هایی نصب می‌شود تا جریان هوای لازم را جهت عبور از آکنه‌ها تولید نمایند. برحسب موقعیت قرار گرفتن بادبزن‌ها در برج، انواع برج‌های دمنده[۱] و مکنده[۲] به شرح زیر طراحی می‌شوند:
۱ برج‌های دمنده: محل بادبزن‌ها در قسمت ورودی هواست و هوا را به درون برج و سرتاسر بست و بندها می‌رانند. قسمت‌های مکانیکی بادبزن در نزدیکی سطح زمین و در روی سازه‌های بتنی محکم می‌شوند تا لرزش به کمترین مقدار ممکن برسد.
۲ برج‌های مکنده: در این نوع برج‌ها، بادبزن‌ها در محل خروجی هوا از برج قرار گرفته‌اند و محل آنها در بالای برج‌ها و در بعضی مواقع در دو طرف برج می‌باشد.
از لحاظ تئوری، برج دمنده ترجیح داده می‌شود، زیرا فن‌ها با هوای خنک‌کننده ورودی کار می‌کنند و بدین‌جهت نیروی کمتری را تلف می‌کنند. به هر حال آزمایش و کار با این نوع فن‌ها دارای بعضی نقطه‌ضعف‌ها

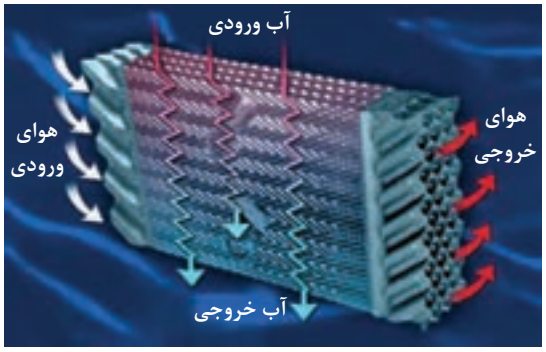
۱ـ Force Draft Cooling Tower
۲ـ Induced Draft Cooling Tower

است که از آن جمله می‌توان به برگشت هوای خروجی مرطوب و داغ به برج و جمع شدن شبنم و سرماریزه[1] در ضمن کار در زمستان اشاره کرد.

ت) حذف‌کننده‌ها: حذف‌کننده‌ها از خارج شدن قطرات آب به‌وسیلهٔ کشش هوا از برج جلوگیری به عمل می‌آورند. تیغه‌های حذف‌کننده‌ها، معمولاً طوری نصب می‌شوند که با سطح افق زاویه‌ای در حدود ۴۵ درجه بسازند. جنس این تیغه‌ها ممکن است از چوب، فلز یا پلاستیک باشد (شکل ۱۸).

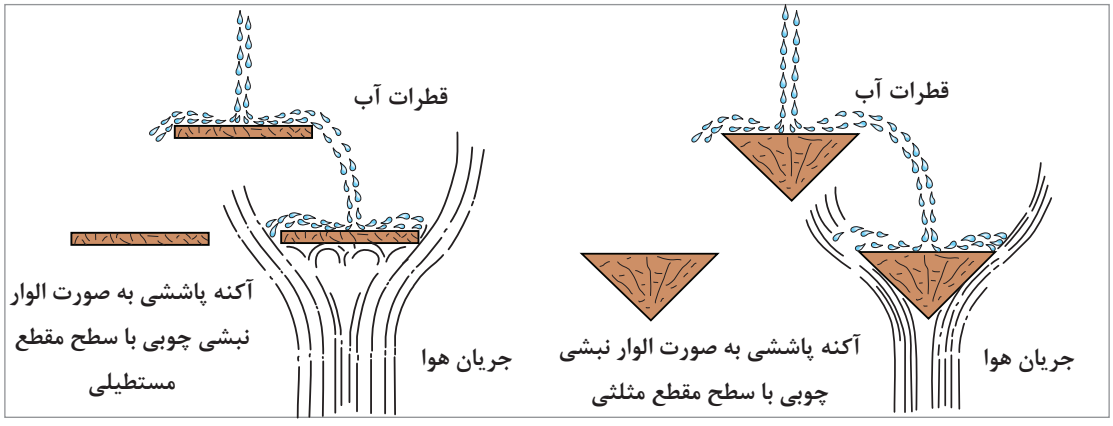
شکل ۱۸ــ یک‌نمونه حذف‌کننده

ث) آکنه‌ها: همان‌طور که در کتاب عملیات دستگاه‌های سال دهم اشاره شد، دو نوع آکنه پاششی[2] و لایه‌ای[3] در برج‌های خنک‌کنندهٔ آکنه‌دار ممکن است، مورد استفاده قرار گیرند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹ــ نمایی برش خورده از برج خنک‌کنندهٔ آکنه‌دار

در آکنه‌های نوع پاششی، آب بر اثر برخورد با تیغه‌ها پخش شده و به‌صورت قطره قطره در می‌آید که در نتیجه یک سطح وسیع را به وجود می‌آورد (شکل ۲۰).



شکل ۲۰ــ آکنه‌های پاششی

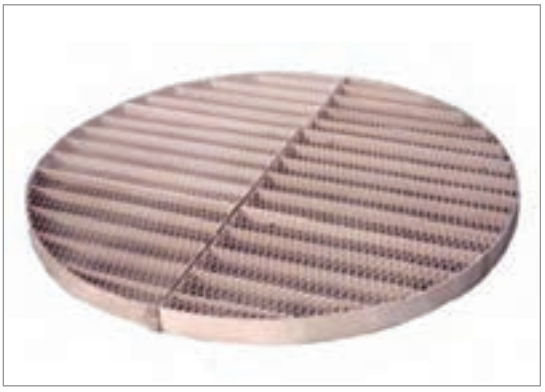
۱ــ دانه‌های تگرگ ریز

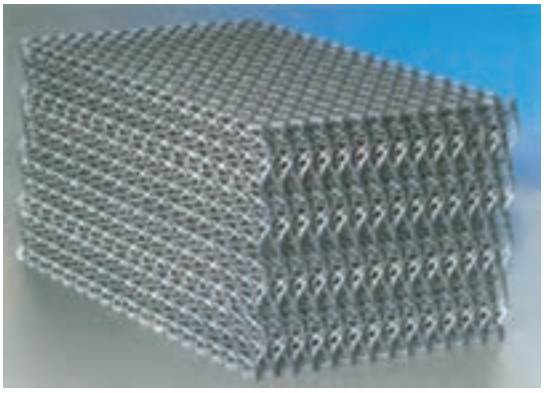
۲- Splash Packing

۳- Film Packing

در آکنه‌های نوع لایه‌ای سطح وسیعی از آب در اثر جریان در روی تیغه‌ها به‌وجود می‌آید. این آکنه‌ها به روش‌های زیر می‌توانند سطوح وسیع را ایجاد کنند.

آکنه‌های شبکه‌ای[1]: این نوع آکنه‌ها از تعدادی شبکهٔ چوبی که بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند، ساخته شده‌اند. این شبکه‌ها طوری نصب شده‌اند که هر شبکه با شبکه‌های اطراف خود زاویهٔ ۹۰ درجه می‌سازد و به این صورت آب در سطوح شبکه‌ها پخش می‌گردد (شکل ۲۱).





شکل ۲۱ــ نمونه‌ای از آکنه‌های شبکه‌ای

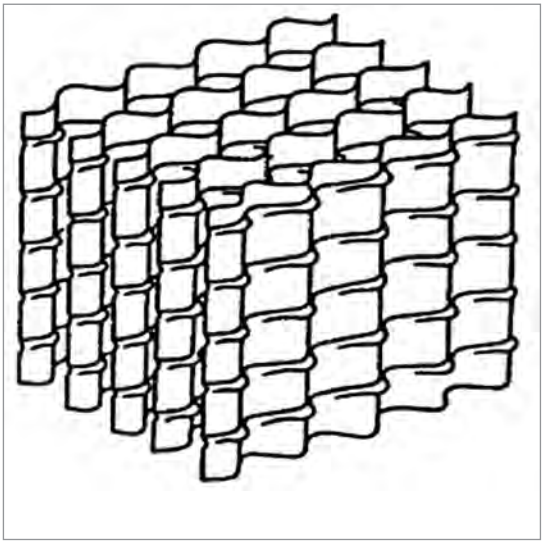
آکنه‌های نامنظم[2]: این نوع آکنه‌ها از موادی با سطح زیاد درست شده‌اند که به‌طور نامنظم در داخل برج قرار دارند. یکی از دلایل نامرغوب بودن این نوع آکنه‌ها، ایجاد مقاومت زیاد در مقابل جریان هوا می‌باشد. این نوع آکنه‌ها، دارای قسمت‌های حلقوی هستند که قطر هر حلقه با طول آن برابر است. این حلقه‌ها از جنس‌های مختلفی بوده و سطح تماس آب با هوا را زیاد می‌کنند (شکل ۲۲).

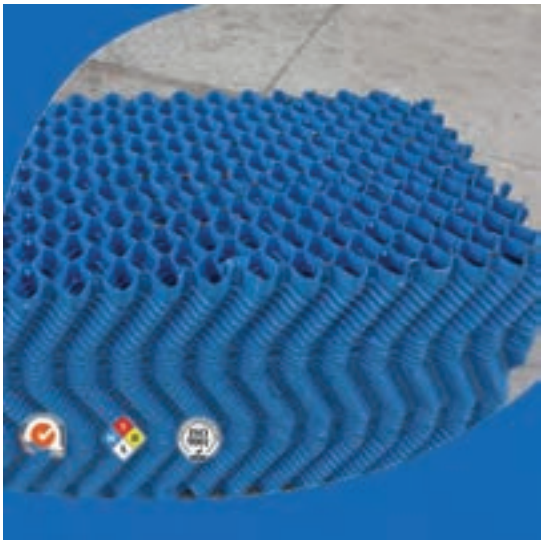
شکل ۲۲ــ نمونه‌ای از آکنه‌های نامنظم

۱ـ Gird Packing

۲ـ Random Packing

آکنه‌های منظم[1]: این نوع آکنه‌ها از صفحات نازک پلاستیکی چین‌دار ساخته شده‌اند که با زاویهٔ کمی کمتر از ۹۰ درجه با سطح افق، نصب شده‌اند. چین‌های روی صفحات باعث به‌وجود آمدن سطح زیاد می‌گردند. آکنه‌ها طوری باید انتخاب شوند تا سطح تماس آب و هوا برای نسبت‌های بالای انتقال حرارت و انتقال جرم مناسب باشد و در عین حال، خود آکنه‌ها مقاومت کمتری در مقابل جریان هوا داشته باشند. همچنین آکنه‌ها باید محکم، سبک و در برابر خوردگی و خراب شدن مقاوم باشند (شکل ۲۳).





شکل ۲۳ـ آکنه‌های منظم

مشخصات و خصوصیات آکنه‌ها: مشخصات و خصوصیات آکنهٔ یک برج خنک‌کنندهٔ واقعی را توسط یک برج خنک‌کنندهٔ آزمایشی، اندازه‌گیری می‌کنند. در این برج یک مقطع از آکنه با مربعی به ضلع ۴ft و عمق ۸ft را می‌توان تحت یک تغییر بار آب و هوا و اتلاف حرارتی آزمایش کرد. بزرگی این برج یک مسئلهٔ اساسی است در غیر این صورت مقدار آبی که به طرف پایین دیواره ریزش می‌کند، کافی است تا بر روی دقت آزمایش تأثیر بگذارد. هر دو جریان آب و هوا توسط اوریفیس‌متر اندازه‌گیری می‌شوند.

عوامل مؤثر در طراحی برج‌های خنک‌کننده: عوامل مؤثر در طراحی برج‌های خنک‌کننده به‌طور خلاصه عبارت‌اند از:

۱ میزان افت دما؛
۲ اختلاف بین دمای آب سرد و دمای مرطوب هوا؛
۳ دمای مرطوب محیط؛
۴ شدت جریان آب و هوا؛
۵ نوع آکنه‌های برج؛
۶ روش پخش آب.

۱ـ Plate Type Film Packing

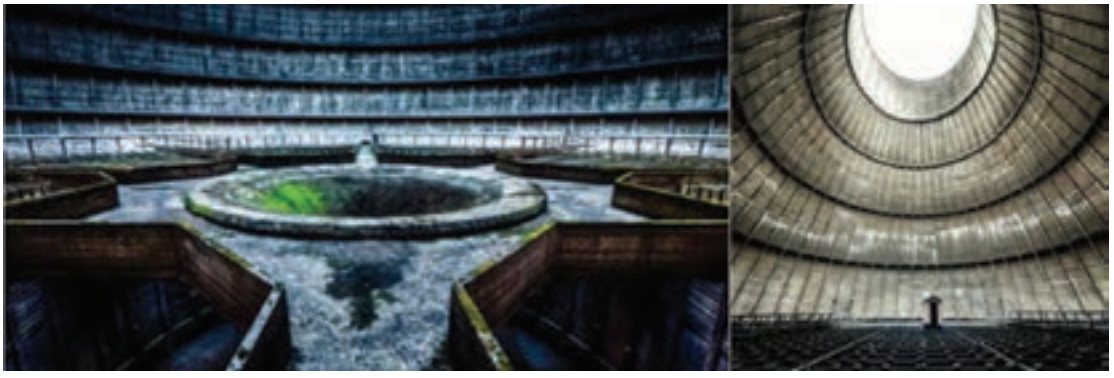
به تجربه ثابت شده است که برای هر ۱۰ درجهٔ فارنهایت افت دما در برج خنک‌کننده، میزان تبخیر در حدود یک درصد کل آب در حال گردش می‌باشد.
چون نمک‌های کلرید حلّالیت زیادی در آب دارند، غلظت یون کلر در آب ورودی به برج و آب در حال گردش، راهنمای بسیار خوبی برای تعیین غلظت آن بوده و بنابراین همیشه باید آن را بازدید و بررسی نمود. افزایش غلظت مواد محلول و معلّق در آب در حال گردش، در برج خنک‌کننده ایجاد اشکال می‌نماید. برای جلوگیری از افزایش غلظت مواد محلول و معلق، مقداری از آب در حال گردش را تخلیه می‌کنند که این آب در صنعت به زیرآب معروف است. همچنین مقدار آب برج ممکن است به‌طور تصادفی یا به وسیلهٔ باد کاهش یابد. در برج‌های خنک‌کننده مقداری آب به‌صورت گَرد درآمده و توسط باد یا کشش از برج خارج می‌شود. مقدار آب لازم جهت آب کسری برج از معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید:

Make Up = E +B + W آب جبرانی برحسب gal/h

که در رابطهٔ فوق:
B: مقدار زیرآب برحسب gal/h
E: مقدار آب تبخیر شده برحسب gal/h
W: مقدار آبی که توسط باد خارج می‌شود برحسب gal/h
اطلاعاتی که از طرف خریداران در اختیار فروشندگان قرار می‌گیرد، در طرّاحی برج اهمیّت فراوانی دارد. این اطلاعات شامل اختلاف دما، مقدار آب در حال گردش و... می‌باشند.

مشکلات برج‌های خنک‌کننده

خوردگی قطعات داخلی برج و همچنین تشکیل رسوب در قسمت‌های مختلف برج، از عمده‌ترین مشکلات به وجود آمده برای یک برج خنک‌کننده هستند. علی رغم عملکرد بسیار سادهٔ این نوع برج‌های خنک‌کننده، به علت ارتفاع و حجم بسیار بزرگی که دارند، هزینه‌های ساخت و سرمایه‌گذاری اولیهٔ آنها بسیار بالا می‌باشد. همچنین به دلیل اینکه بیشتر برج‌های خنک‌کننده در معرض مستقیم هوا و نور خورشید هستند، محیط مناسبی برای رشد باکتری‌ها و میکروارگانیسم‌ها می‌باشند (شکل ۲۴).
وارد شدن گرد و خاک به داخل برج نیز در بعضی مواقع ایجاد اشکال می‌نماید. در کل، این مشکلات باعث می‌شوند که بازدهی دستگاه‌های خنک‌کننده کم شده و در نتیجه از نظر اقتصادی، مخارج زیادی به صنایع مختلف تحمیل گردد.



شکل ۲۴ـ خوردگی و رشد میکروارگانیسم‌ها در برج‌های خنک‌کننده

فعالیت عملی ۱

ساخت برج خنک‌کنندهٔ کارگاهی

با امکانات موجود در هنرستان خود یک نمونه برج خنک‌کنندهٔ آبی چوبی (مکش طبیعی و کشش مکانیکی) تهیه نمایید. مسیرهای ورود و خروج آب و هوا را بررسی کنید.

فعالیت عملی ۲

بررسی چگونگی کارکرد برج خنک‌کننده ساخته شده

با استفاده از چهار دماسنج مختلف که در مسیرهای ورودی و خروجی آب و هوا در برج خنک‌کننده قرار داده‌اید، جدول زیر را تکمیل کنید.

دمای آب ورودی را به تدریج افزایش دهید و جدول را کامل کنید.

جدول

ردیف	دمای آب (^oC)		اختلاف دمای آب (^oC)	دمای هوای (^oC)		اختلاف دمای هوا (^oC)
	ورودی	خروجی		ورودی	خروجی	
۱	۲۰					
۲	۳۰					
۳	۴۰					
۴	۵۰					

نکتهٔ ایمنی

هنگام کار کردن برج با آب بالای ۳۰ درجهٔ سلسیوس، مراقب خطرات ناشی از آب گرم باشید.

میزان خنک‌کنندگی آب را در دو حالت مکش طبیعی و کشش مکانیکی برج‌های ساخته شده، با یکدیگر مقایسه کنید.

فعالیت عملی ۳

با هماهنگی مسئولین هنرستان خود، از یک مرکز مجهز به انواع سامانهٔ برج‌های خنک‌کننده بازدید کنید.

برج‌های خنک‌کنندهٔ روغنی و غیر روغنی

در تقسیم‌بندی دیگری از برج‌های خنک‌کننده براساس سیال خنک‌کننده، می‌توان آنها را به دو دستهٔ روغنی و غیرروغنی تقسیم نمود.

الف) برج‌های خنک‌کنندهٔ غیر روغنی

این گونه سامانه‌های خنک‌کننده برای سردسازی آب گرم برگشتی در مجتمع‌های بزرگی که در مجاورت دریاها قرار دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این سامانه‌ها در مناطقی استفاده می‌شود که به منابع عظیم آب نزدیک هستند و به لحاظ شرایط آب و هوایی مثل رطوبت بالای هوا نمی‌توان از سامانه‌های خنک‌کنندهٔ تر و یا خشک با بازدهی بالا استفاده کرد.

به‌طور کلی اساس کار این گونه از سامانه‌های خنک‌کننده به این صورت می‌باشد که آب خنک از دریا وارد سامانه شده و در تعدادی مبدّل حرارتی، آب گرم خروجی از واحدهای مختلف را خنک می‌سازد. سپس آب خنک گرفته شده از دریا پس از تبادل حرارت و افزایش دما دوباره به دریا بازگشت داده می‌شود. همچنین آب‌گرم خروجی از واحدها، بعد از خنک شدن، بار دیگر جهت مصارف سردسازی به مجتمع‌ها برمی‌گردد. از این‌جهت به این سامانه‌ها «یک بار گذر» گفته می‌شود که آب جهت خنک‌سازی مجدد، توسط سامانه‌ای مثل برج خنک‌کننده در گردش مکرر و مداوم قرار نمی‌گیرد. متأسفانه این‌گونه سامانه‌ها مشکلات زیست‌محیطی زیادی دارند که در اینجا فقط به دو نمونه از آنها اشاره می‌شود.

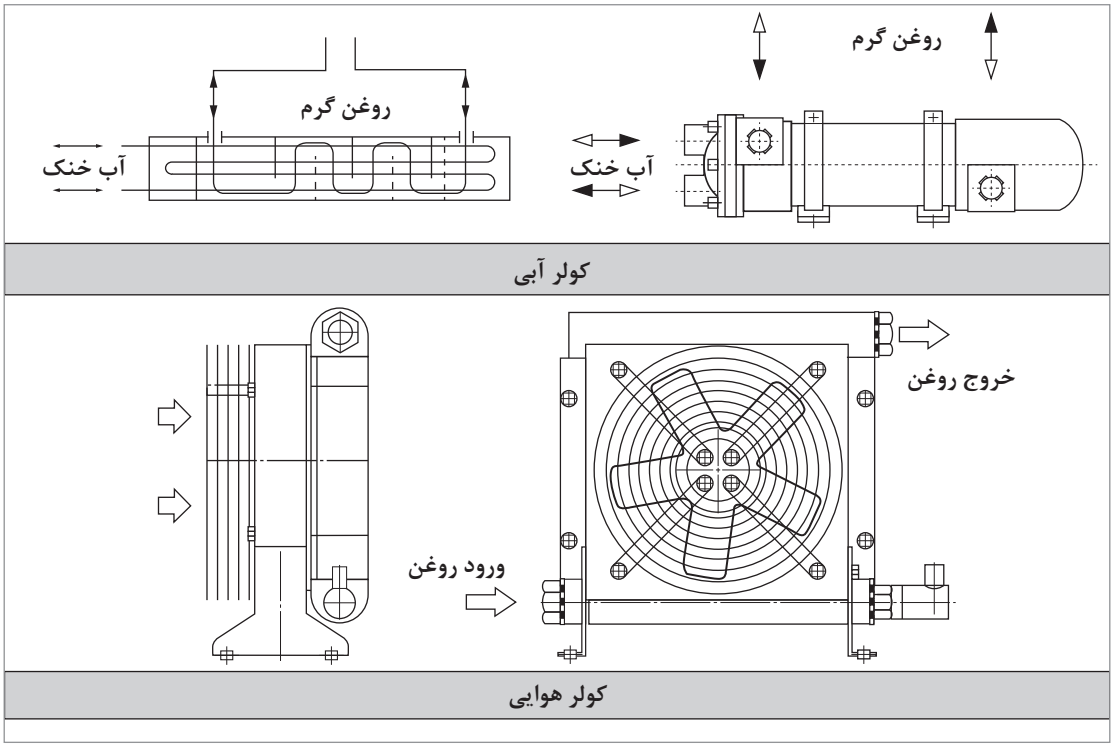
۱ آب در هنگام تبادل حرارت در مبدّل‌ها، به دلیل مشکلات ناشی از خوردگی تجهیزات و مخازن، آلوده به مواد نفتی، شیمیایی و غیره می‌شود که این آب در برگشت دوباره به دریا، باعث آلودگی آب دریا و نابودی موجودات دریایی می‌گردد.

۲ آب پس از تبادل حرارت در مبدل‌ها، گرم شده و با دمای بالاتر وارد دریا می‌شود. این پدیده برای موجودات دریایی شوک حرارتی ایجاد کرده و تخریب محیط‌زیست دریایی را در پی خواهد داشت.

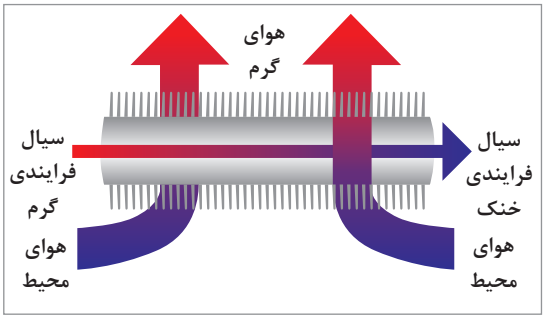
ب) برج‌های خنک‌کنندهٔ روغنی

در این روش، مشکلات ناشی از خوردگی خنک‌کاری با آب (توسط برج خنک‌کنندهٔ تر) کمتر دیده می‌شود. در سامانه‌های هیدرولیک، به دلیل اصطکاک روغن هنگام عبور از روی قطعات مختلف، افت انرژی بیشتر می‌گردد. نتیجهٔ این امر، افزایش دمای روغن در سامانهٔ هیدرولیک است. مخزن روغن و خطوط انتقال، قابلیت دفع بخشی از این حرارت را به محیط دارند. افزایش دمای روغن به بیش از ۵۰ درجهٔ سلسیوس که بالاترین دمای مجاز برای بیشتر سامانه‌های هیدرولیک می‌باشد، باعث ایجاد اکسیداسیون، کاهش گرانروی و کاهش ضخامت لایهٔ روغن شده و در نهایت منجر به آسیب دیدن آب‌بندها و کاهش عمر قطعات متحرک می‌گردد. در صورتی‌که دفع کل حرارت ایجاد شده در سامانهٔ هیدرولیک توسط انتقال حرارت از مخزن و دیگر اجزای سامانه میسر نگردد، برای کاهش دمای سامانه، از انواع خنک‌کننده‌های (کولر) آبی و هوایی و مبدل حرارتی روغنی و غیرروغنی استفاده می‌شود.

انواع کولرهای روغن و شیوهٔ قرارگیری آنها در مدار هیدرولیک: کولرهای روغن در دو نوع آبی و هوایی موجود می‌باشند. در کولرهای هوایی، روغن هیدرولیک از درون لوله‌های متصل به پره‌هایی با قابلیت انتقال حرارت بالا، عبور داده می‌شود و در این هنگام با استفاده از فن‌های دمندهٔ هوا، سرعت انتقال حرارت به محیط افزایش می‌یابد. در کولرهای آبی، گردش آب پیرامون لوله‌های حاوی روغن هیدرولیک، باعث خنک شدن آن می‌گردد (شکل ۲۵).



شکل ۲۵ــ طرح ساده‌ای از کولر آبی و هوایی



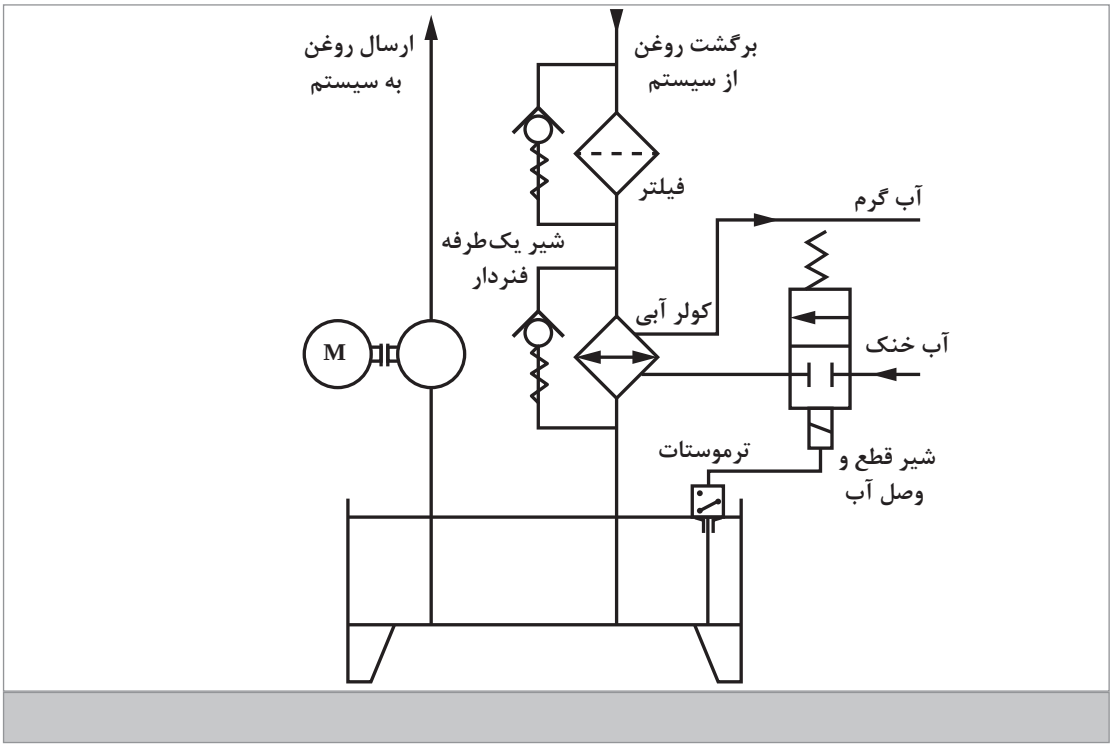
شکل ۲۶ــ لوله‌های پره‌دار در خنک‌کننده‌های هوایی

کولرهای آبی قابلیت ایجاد ۳۵°C اختلاف دما بین روغن و آب را دارند. درحالی‌که کولرهای هوایی فقط امکان ایجاد ۲۵°C تفاوت دما را دارند. از کولرهای هوایی، زمانی استفاده می‌شود که استفاده از آب مقرون به‌صرفه نبوده و یا به راحتی در دسترس نباشد. در جدول ۱ مزایا و معایب این دو نوع کولر با هم مقایسه شده است.

جدول ۱ــ مقایسهٔ کولر هوایی و آبی

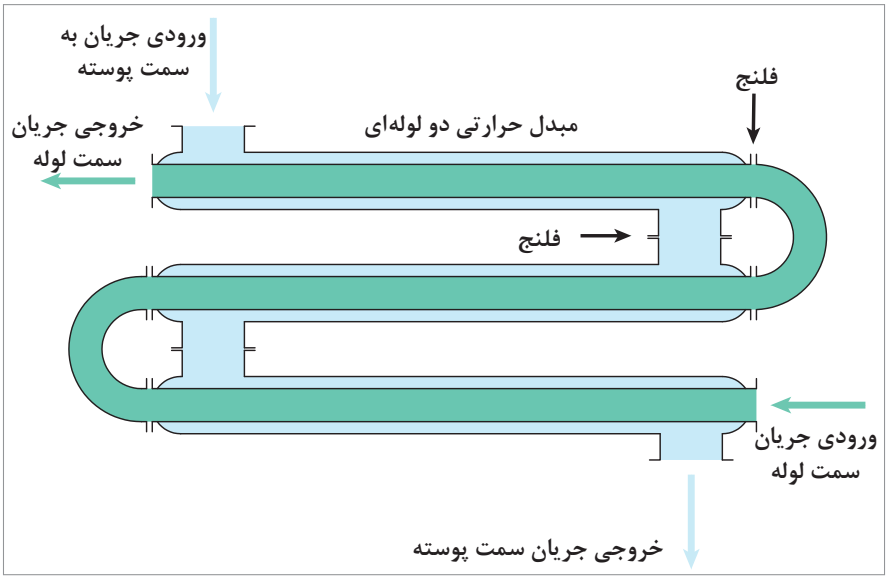
نوع کولر	آبی	هوایی
مزایا	قدرت خنک‌کنندگی بالا و کارکرد آرام	هزینهٔ راه‌اندازی پایین و نصب آسان
معایب	هزینهٔ کارکرد بالا و حساس بودن به آلودگی و خوردگی مواد خنک‌کننده	ایجاد صدا هنگام کار کردن

در شکل ۲۷، شیوهٔ قرارگیری کولرهای آبی در مدار هیدرولیک نشان داده شده است.



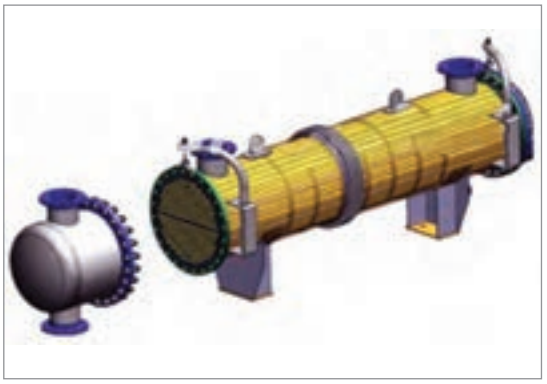
شکل ۲۷ــ مدار نصب کولر آبی در سامانهٔ هیدرولیک

مبدل‌های حرارتی روغنی و غیر روغنی: در مواردی که مبدل‌های حرارتی برای خنک کردن روغن روانکاری تجهیزات دوّار (پمپ، کمپرسور، دمنده و مانند آنها) به‌کار رود، نوع این کار در شرایط بدون خوردگی، بدون رسوب و بدون تغییر فاز (بدون بخار شدن روغن) انجام می‌گردد. مبدل‌های حرارتی را می‌توان به شکل دو لولهٔ متداخل ساخت که آن را مبدل حرارتی دو لوله‌ای[1] می‌نامند. در شکل ۲۸، نمای بیرونی و درونی مبدل‌های دو لوله‌ای، در شکل ۲۹، مبدل پوسته و لوله و در شکل ۳۰، نقش بافل‌ها مشخص شده است.



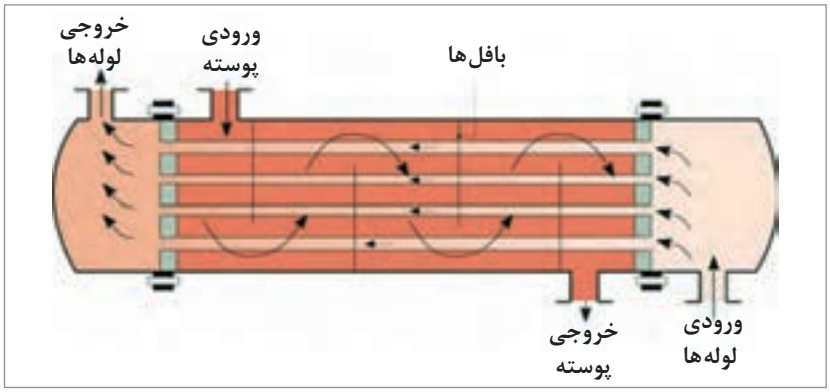
شکل ۲۸ـ مبدل حرارتی دو لوله‌ای (نماهای داخلی و بیرونی)

۱ـ Double Pipe Heat Exchanger



شکل ۲۹ـ مبدل حرارتی پوسته و لوله (نماهای بیرونی و داخلی)

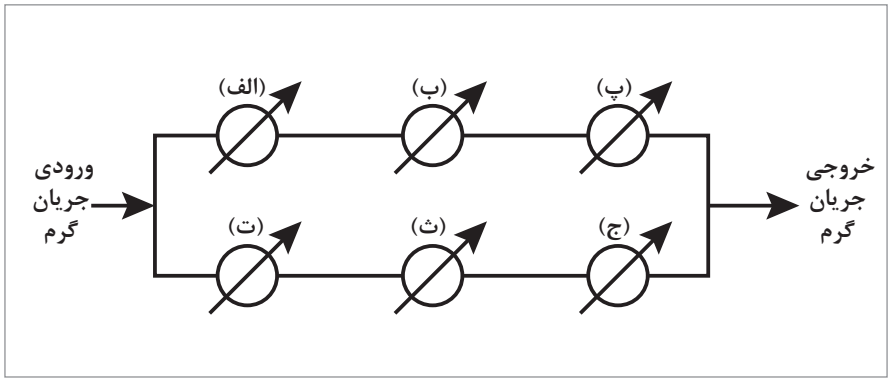
اما در کاربردهای صنعتی معمولاً از نوع مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله[1] استفاده می‌شود (شکل ۲۹). در طول فضای داخلی پوسته، صفحاتی عمود بر طول پوسته، به نام بافل نصب می‌گردد که با تغییر مسیر جریان داخل پوسته، از ایجاد فضاها و سطوح انتقال حرارت «مرده» و بدون انتقال حرارت جلوگیری شود (شکل ۳۰).



شکل ۳۰ـ نقش بافل‌ها در مبدل حرارتی پوسته و لوله

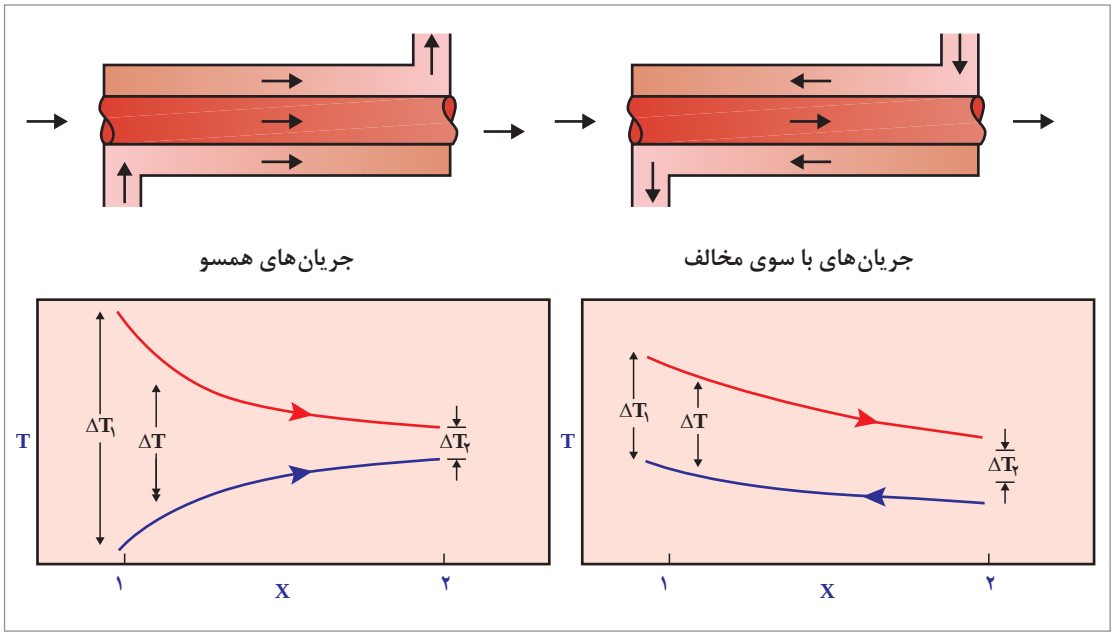
در بسیاری از موارد برای خنک کردن جریان‌های فرایندی از دو یا چند مبدل حرارتی استفاده می‌گردد. این مبدل‌ها را بسته به نیاز می‌توان به‌صورت پشت سرهم (متوالی)، موازی یا ترکیبی از هر دو به کار برد. درصورت متوالی بودن، اختلاف دمای ایجاد شده و اُفت فشار جریان بیشتر می‌شود ولی میزان جریان سیّال گرم، ثابت می‌ماند. در شکل ۳۱ شیوهٔ استفادهٔ ترکیبی خنک‌کننده‌ها نشان داده شده است.

۱ـ Shell and Tube Heat Exchanger



شکل ۳۱ـ کاربرد ترکیبی متوالی و موازی خنک‌کننده‌ها

در صورت موازی بودن، افت فشار و اختلاف دما کمتر، و میزان جریان سیال گرم بیشتر می‌شود. همچنین، اگر جهت کلی دو جریان گرم و سرد در حالت کاربرد مبدل‌های متوالی، برخلاف هم باشد، میزان کل انتقال حرارت بین آنها بیشتر خواهد بود. به‌طوری‌که در صورت طراحی مناسب، دمای نهایی جریان گرم خروجی، می‌تواند از دمای نهایی جریان سرد خروجی نیز کمتر باشد. در حالی‌که اگر جهت کلی دو جریان موافق هم باشد، دمای نهایی جریان گرم هیچ‌گاه نمی‌تواند از دمای نهایی جریان سرد کمتر گردد. در شکل ۳۲، نمودار مبدل‌های جریان همسو و مخالف نشان داده شده است.



شکل ۳۲ـ نمودار مبدل‌های جریان همسو و مخالف

در بعضی از موارد که دما و دیگر شرایط جریان گرم مناسب باشد، از هوا نیز می‌توان به جای جریان سرد استفاده کرد. به این خنک‌کننده، خنک‌کنندهٔ هوایی[1] می‌گویند. در این تجهیز، جریان گرم از درون لوله‌های افقی حرکت می‌کند و هوای سرد هم از پایین به بالا جریان می‌یابد. این کار را می‌توان هم با پروانهٔ مکنده و هم با پروانهٔ دمنده انجام داد. در شکل ۳۳، دو نوع خنک‌کنندهٔ هوایی نشان داده شده است.

شکل ۳۳ـ انواع خنک‌کنندهٔ هوایی

پرسش

با رسم تصویر ساده‌ای از کولر آبی خانگی، طرز کار آن را توضیح دهید؟

تحقیق کنید

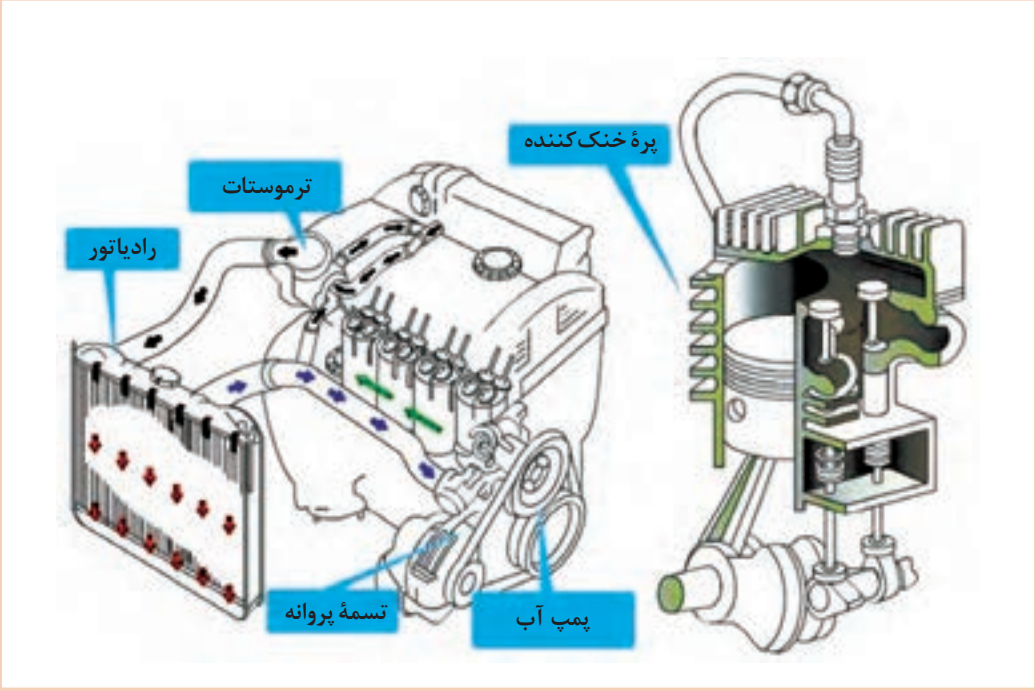
خنک‌کاری هوای یک سالن توسط کولر گازی به چه صورتی انجام می‌شود؟

۱ـ Air Cooler

سامانهٔ خنک‌کنندهٔ خودرو

پرسش

با توجه به شکل زیر، چگونه از داغ شدن بیش از حد سامانهٔ موتور خودرو جلوگیری می‌شود؟



روغن عامل حیاتی موتور خودرو بوده و همانند خون در سامانهٔ موتور عمل می‌کند. پرسش اساسی این است که چگونه از جوش آمدن خون خودرو جلوگیری کنیم؟

گرچه موتورهای بنزینی تا حد زیادی بهبود یافته و اصلاح شده‌اند، اما هنوز بازدهٔ بالایی برای تبدیل انرژی شیمیایی به توان مکانیکی ندارند. بیشترین میزان انرژی موجود در بنزین به گرما تبدیل می‌شود و مهم‌ترین وظیفهٔ سامانهٔ خنک‌کاری خودرو، مراقبت و استفاده صحیح از گرمای ایجاد شده است. توان موتور بعد از ایجاد یک نسبت مناسب سوخت به هوا، طی فرایند احتراق در محفظهٔ احتراق، با تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی مکانیکی، توسط مجموعهٔ سیلندر و پیستون تولید می‌شود. این احتراق موجب افزایش دمای بسیار زیاد سطوح محفظهٔ احتراق می‌شود تا جایی‌که دمای شعلهٔ آن می‌تواند به حدود ۲۰۰۰ درجهٔ سلسیوس برسد. به لحاظ تنش‌های حرارتی ایجاد شده و نوع آلیاژهای چدنی و آلومینیومی مورد استفاده در موتور خودرو، برای کاهش دما در نقاط داغ نیاز به سامانهٔ خنک‌کاری مناسب می‌باشد.

در واقع خنک‌کاری در موتور خودرو به دو علت زیر صورت می‌گیرد:

۱ نگه داشتن دمای اجزای موتور در دمایی که روغنکاری مؤثر، در آن ممکن باشد.
۲ نگه داشتن دمای اجزای مختلف موتور در یک محدودهٔ خاص، به‌طوری‌که به سلامت قطعات موتور صدمه نزند.

انواع سامانه‌های خنک‌کاری خودرو

انواع سامانه‌های خنک‌کاری خودرو به دو دستهٔ مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی می‌شوند. در سامانهٔ خنک‌کنندهٔ مستقیم، کلیهٔ دستگاه‌ها، با هوا خنک می‌شوند ولی در سامانهٔ خنک‌کنندهٔ غیر مستقیم، کلیهٔ دستگاه‌ها رادیاتور دارند و با استفاده از آب رادیاتور خنک می‌شوند. در ادامه به توضیح این دو نوع سامانه پرداخته می‌شود.

سامانهٔ خنک‌کاری با مایع

در این سامانه، برای خنک کردن موتور، از لوله‌ها و مسیرهای مختلفی استفاده شده و مایع مورد نظر در این مسیرها گردش و جریان دارد. بر اثر جریان مایع در طول مسیر، گرمای موتور جذب شده و موتور خنک می‌شود. بعد از اینکه مایع، گرمای موتور را جذب کرد و از موتور خارج شد، به رادیاتور یا مبدل انتقال حرارت وارد شده و بر اثر دمیدن هوا توسط فن و انتقال گرما به هوای اطراف، خنک می‌شود.

سامانهٔ خنک‌کاری با هوا

برخی خودروهای قدیمی و تعداد زیادی از خودروهای امروزی، مجهز به سامانهٔ خنک‌کاری با هوا هستند. بدنهٔ موتور با پره‌های آلومینیومی پوشیده شده است تا گرمای سیلندر را به هوای اطراف منتقل کند. فنی بسیار قوی نیز در نظر گرفته شده است که هوا را با سرعت و فشار زیاد به سطح پره‌ها می‌دمد و در نهایت گرما را به هوای اطراف منتقل می‌کند.

سامانهٔ خنک‌کننده خودرو از اجزای رادیاتور، لولهٔ ناقل سیال خنک‌کننده[۱]، پمپ آب و فن یا پروانه تشکیل شده است.

عامل‌های خنک‌کننده در خودروها به دو دستهٔ اصلی[۲] و ثانویه[۳] تقسیم بندی می‌شوند. در سامانهٔ خنک‌کنندهٔ اصلی، آب به عنوان مایع خنک‌کننده، سامانهٔ موتور را از طریق هوا خنک می‌کند. ولی در سامانهٔ خنک‌کننده ثانویه، روغن این نقش را برعهده دارد. گرچه بیشتر مردم فکر می‌کنند که نقش روغن موتور، روان‌کنندگی است، و کمتر به نقش خنک‌کنندگی روغن موتور توجه می‌نماید.

۱ـ Coolant

۲ـ Primary Cooling System

۳ـ Secondary Cooling System

مایعات خنک‌کنندهٔ موتور خودرو

با شروع فصل زمستان و در مناطق سردسیر، یکی از کالاهایی که مورد تقاضای دارندگان خودرو قرار می‌گیرد، مایعات خنک‌کنندهٔ موتور است که در بازار با عنوان «ضدیخ» شناخته می‌شوند. ضدیخ، یک ترکیب شیمیایی شامل اتیلن گلیکول، بازدارنده‌های خوردگی، مواد ضدکف، رنگ و آب است که مخلوطی از آن با آب به عنوان پایین‌آورندهٔ نقطهٔ انجماد مایعات خنک‌کننده موتور خودرو به‌کار می‌رود. ضدیخ همچنین به عنوان افزایش‌دهندهٔ نقطه جوش آب در سامانهٔ خنک‌کنندهٔ موتورهای درون سوز به کار می‌رود. مخلوط ۴۰ تا ۷۰ درصد آن در چهار فصل سال مناسب است. براساس استانداردهای بین المللی و ملی ایران انواع مایعات خنک‌کنندهٔ موتور را می‌توان به‌صورت زیر برشمرد:

۱ مایعات خالص بر پایهٔ اتیلن‌گلیکول؛
۲ مایعات خالص بر پایهٔ پروپیلن‌گلیکول؛
۳ مایعات از پیش رقیق شده، آماده برای مصرف بر پایهٔ اتیلن‌گلیکول (۵۰ درصد حجمی)؛
۴ مایعات از پیش رقیق شده، آماده برای مصرف بر پایهٔ پروپیلن‌گلیکول (۵۰ درصد حجمی).

خواص مایعات خنک‌کنندهٔ مناسب موتور خودرو

مایع خنک‌کنندهٔ موتور خودرو باید خواص زیر را داشته باشد:

۱ از نظر شیمیایی و کارکرد، پایداری کافی داشته باشد.
۲ از نقطهٔ جوش بالایی برخوردار بوده و در دمای بالا، تولید رسوب نکند.
۳ حرارت را به خوبی منتقل کرده و هیچ‌گونه اثر نامساعدی روی تبادل حرارتی در سامانهٔ خنک‌کننده نداشته باشد.
۴ اثر سمّی نداشته باشد.
۵ آتش‌گیر نباشد.
۶ بوی نامطلوب نداشته باشد.
۷ در دماهای پایین، گرانروی کم و قابل قبولی داشته باشد.
۸ بیشترین حفاظت را از خوردگی فلزات مورد استفاده در سامانهٔ خنک‌کننده داشته باشد.
۹ ضدیخ نیز باید قادر به پایین آوردن نقطهٔ انجماد آب تا کمترین دمای ممکن در فصل زمستان باشد.

نکته

برخلاف عقیدهٔ بعضی از افراد، با قرار دادن ضدیخ در فریزر نمی‌توان به کیفیت و مرغوبیت آن پی برد، زیرا از این طریق فقط خاصیت ممانعت از انجماد ضدیخ سنجیده می‌شود و وجود مواد افزودنی بازدارندهٔ خوردگی در آن مشخص نمی‌شود. همچنین نمی‌توان دریافت که سیال اصلی ضدیخ، از نوع گلیکول‌های مرغوب است یا از موادی مثل متانول، که سمّی و آتش‌گیر هستند.

حال این پرسش مطرح است که ضدیخ مناسب بر چه اساسی انتخاب می‌شود؟ بهترین معیار برای انتخاب ضدیخ خودرو و یا موتورهای متحرک که در آنها ضدیخ به عنوان خنک‌کننده استفاده می‌شود، توصیه شرکت سازندهٔ موتور است. در غیر این صورت باید با توجه به دارا بودن علامت استاندارد، ضدیخ مناسب را شناسایی و خریداری کرد. پس از انتخاب و خرید ضدیخ مناسب، چنانچه از نوع خالص باشد، می‌توان آن را بر اساس جدول اختلاط مشخص شده بر روی برچسب ظرف (که یکی از الزامات نشانه‌گذاری این فراورده است)، با آب رقیق کرد.

نکته

چنانچه از انواع ضدیخ‌های از پیش رقیق شدهٔ آماده برای مصرف، استفاده می‌شود، نباید آن را دوباره با آب رقیق کرد.

برخی از مصرف کنندگان تصور می‌کنند با افزودن مقدار بیشتر ضدیخ، می‌توان به نقطهٔ انجماد پایین‌تری رسید. این تصور نیز اشتباه است و غلظت‌های بیشتر از ۶۸ درصد حجمی ضدیخ در آب توصیه نمی‌شود. زیرا در غلظت ۶۸ درصد حجمی (ضدیخ: ۶۸ و آب: ۳۲) مخلوط، پایین‌ترین نقطهٔ انجماد را خواهد داشت.

توصیه‌هایی در مورد پرکردن سامانهٔ خنک‌کننده و سرویس ضروری آن

۱ قبل از تعویض و استفاده از محلول جدید ضدیخ، مسیر و مجاری سامانهٔ خنک‌کننده باید با آب کاملاً شست‌وشو داده شود. به‌طور کلی قبل از پرکردن سامانهٔ خنک‌کننده، سامانه باید بازرسی و در صورت نیاز، تعمیر شود.

۲ هنگامی‌که موتور داغ است، هرگز درپوش رادیاتور را برندارید، زیرا سامانهٔ خنک‌کننده تحت فشار است. پس از اینکه موتور سرد شد، درپوش را با احتیاط، به اندازهٔ یک دور باز کنید تا بخار سامانه به‌تدریج تخلیه شود و سپس آن را بردارید. چنانچه در این هنگام مایع خنک‌کننده سرریز شد، بلافاصله درپوش را محکم کرده و پس از اینکه سامانهٔ خنک‌کننده سردتر شد، آن را باز کنید.

۳ قبل از استفاده از ضدیخ خالص، باید آن را به نسبت مساوی، با آب رقیق و سپس به سامانهٔ خنک‌کننده اضافه کرد.

۴ برای تهیهٔ محلول ضدیخ، از آب با سختی کم (آب لوله‌کشی شهری یا آبی که نمک‌های محلول آن کم است)، استفاده شود.

۵ وضعیت و سطح مایع خنک‌کنندهٔ موتور کنترل شود.

۶ شیلنگ‌ها و بست‌های آن بررسی شود.

۷ درصورتی‌که موتور خودرو در هنگام کار خیلی گرم می‌شود یا سرد می‌ماند، ترموستات باید بررسی شده و در صورت نیاز با ترموستات پیشنهاد شده از سوی شرکت تولیدکننده تعویض شود.
۸ استفاده از محلول ضدیخ و نصب ترموستات مناسب و سالم در تمام طول سال ضروری است.

نکته

خنک کردن بیش از اندازهٔ موتور خودرو مطلوب نمی‌باشد، زیرا باعث کاهش بازدهی حرارتی و در نتیجه افزایش مصرف سوخت می‌شود.

فعالیت عملی ۴

تهیهٔ مایع خنک‌کننده

مواد لازم

اتیلن گلیکول خالص و آب.

روش کار

۱ نقطهٔ انجماد آب را در شرایط کارگاه اندازه‌گیری نمایید.
۲ نقطهٔ انجماد اتیلن گلیکول را در شرایط کارگاه اندازه‌گیری نمایید.
۳ محلول‌هایی با نسبت‌های متفاوت از آب و اتیلن گلیکول، مطابق جدول زیر تهیه نمایید.
۴ نقطهٔ انجماد محلول‌های حاصله را در شرایط کارگاه اندازه‌گیری نمایید.

نسبت آب به اتیلن‌گلیکول	۰ به ۱	۱ به ۱	۲ به ۱	۳ به ۱
درصد اتیلن‌گلیکول در آب	۱۰۰	۵۰	۳۳	۲۵
نقطهٔ انجماد ($^{\circ}C$)				

- از مقایسهٔ نقطهٔ انجماد محلول‌های مختلف، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

فعالیت عملی ۵

مقایسهٔ مایع خنک‌کنندهٔ ساخته شده با مایع خنک‌کنندهٔ صنعتی

یک نمونه ضدیخ صنعتی خریداری کنید.

همانند روش کار فعالیت عملی ۴، عمل نمایید ولی به جای اتیلن‌گلیکول، از ضدیخ خریداری شده استفاده کنید.

جدول زیر کامل کنید.

نسبت آب به ضدیخ	۰ به ۱	۱ به ۱	۲ به ۱	۳ به ۱
درصد ضدیخ در آب	۱۰۰	۵۰	۳۳	۲۵
نقطهٔ انجماد (°C)				

ـ نتایج جدول فعالیت‌های ۴ و ۵ را با یکدیگر مقایسه کنید.

ـ از نظر میزان خنک‌کنندگی، مایع خنک‌کنندهٔ تولید شما مناسب‌تر است یا ضدیخ خریداری شده؟

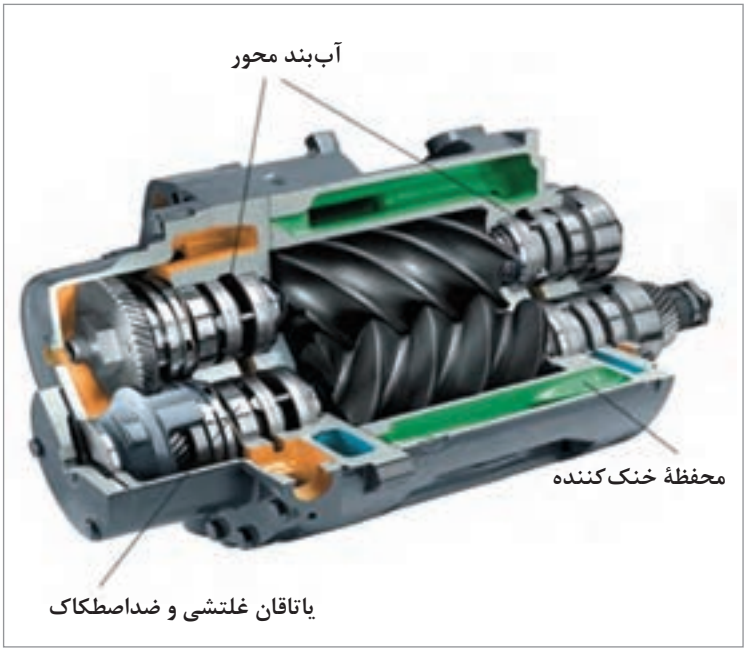
جدول زیر برای اطلاعات بیشتر شما آورده شده است.

نسبت آب به ضد یخ	صفر به ۱۰۰	۱ به ۱	۲ به ۱	۳ به ۱
درصد ضد یخ در آب	۱۰۰	۵۰	۳۳	۲۵
نقطهٔ انجماد (°C)	-۱۸	-۳۴	-۱۴	-۱۰
نقطهٔ جوش (°C)	۱۷۰	۱۰۸	۱۰۵	۱۰۳

در اغلب تجهیزات مانند پمپ‌ها و کمپرسورها، سامانه‌های روانکاری، نقش خنک‌کاری نیز دارند. از آن‌جایی که خنک‌کاری کمپرسورها دارای اهمیت بیشتری است، در ادامه توضیحات مربوط به خنک‌کاری کمپرسورها آورده شده است.

سامانهٔ خنک‌کنندهٔ کمپرسور

کمپرسورها به دو دلیل اصطکاک بین قطعات متحرک (شکل ۳۴) و افزایش دمای ناشی از تراکم گاز باید خنک شوند. همچنین خنک کردن به منظور جلوگیری از کاهش کارایی کمپرسور و نگهداری کیفیت مطلوب روغن و روغن‌کاری است.



شکل ۳۴ـ برشی از کمپرسور

روغنی که برای روغن‌کاری به گردش در می‌آید، وسیلهٔ خوبی برای جذب و دفع گرما است؛ به همین جهت در بعضی از کمپرسورها، خنک‌کنندهٔ مخصوصی برای روغن به‌کار می‌رود و در بعضی از کمپرسورها سطح خارجی را پره‌دار می‌سازند تا سطح تبادل حرارتی آنها را با هوا زیاد کنند. در بعضی دیگر نیز از یک موتور و پنکه (فن) جهت عبور هوا بر روی کمپرسور و خنک کردن آن استفاده می‌شود. در بعضی دیگر نیز عملیات خنک‌کاری کمپرسور با استفاده از آب، انجام می‌شود.

نکته ایمنی

در عملیات خنک‌کاری، به خصوص در هنگام راه‌اندازی کمپرسور و در فصل سرد، هرگز نباید دمای سیلندر را پایین‌تر از نقطهٔ میعان گاز خنک نمود. این عمل باعث مایع شدن قسمتی از گاز در داخل سیلندر می‌شود و حرکت گاز مایع شده در درون سیلندر، باعث خراب شدن شیرهای ورودی و خروجی و همچنین شسته شدن لایهٔ روغنی می‌شود که برای روانکاری به داخل سیلندرتزریق شده است، و باعث افزایش اصطکاک و خرابی زودرس رینگ‌ها وگرم شدن گاز داخل کمپرسور می‌شود.

بازرسی سامانهٔ خنک‌کنندهٔ کمپرسور

در بازرسی از سامانهٔ خنک‌کنندهٔ کمپرسور نکات زیر باید مورد توجه قرار داده شوند:

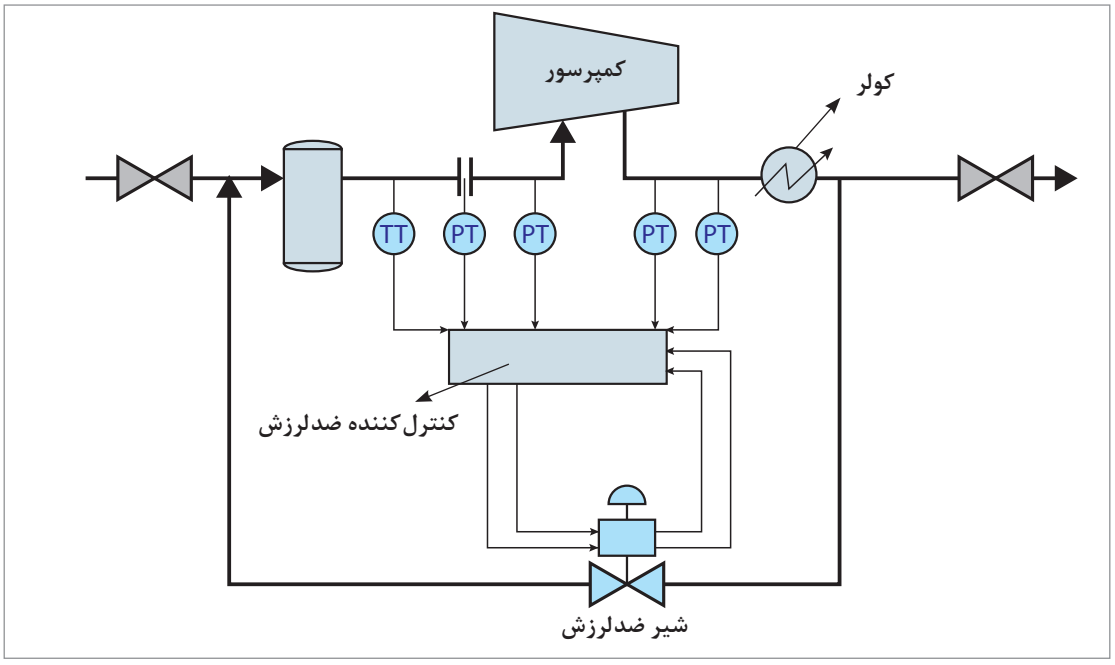
۱ پس از هر بار تعمیرات اساسی و قبل از راه‌اندازی کمپرسور، کلیهٔ سامانه‌های خنک‌کننده خوب شسته شوند و رسوبات و مواد زاید دفع گردند.

۲ کلیهٔ مسیرها و قسمت‌های سامانه‌های خنک‌کننده هواگیری شوند.

۳ جریان مایع خنک‌کننده، باید به‌گونه‌ای باشد که بیشترین اختلاف دما بین مایع خنک‌کننده و جاهایی که خنک‌کاری می‌شوند، وجود داشته باشد (حدود ده تا بیست درجهٔ فارنهایت).
۴ تمیزی و جریان داشتن آب ورودی باید به طور مرتب کنترل شود.

ایمنی سامانهٔ خنک‌کننده

در مبدل‌های حرارتی، درصورتی‌که جریان از یک مقدار معیّن کمتر شود، میزان دما افزایش یافته و با توجه به ابزار دقیق موجود در فرایند، سامانهٔ هشدار فعال شده و مسیر فرعی (بایپس) باز شده و مبدل از مدار خارج می‌شود.
در مورد کمپرسورها نیز اگر جریان از یک مقدار مشخص کمتر شود، کمپرسور به حالت لرزش و ارتعاش درآمده (سرج[۱]) و احتمال خرابی کمپرسور قوت می‌گیرد. در این شرایط، سامانهٔ ضد لرزش (آنتی‌سرج[۲]) فعال می‌شود و مسیر فرعی جریان باز می‌شود و ایمنی فرایند دوباره حاکم می‌گردد (شکل ۳۵).
همچنین در حالتی‌که رسوبات، موجب گرفتگی مسیرهای جریان سیالات خنک‌کننده شود، می‌توان مسیرها را معکوس نمود تا شدت جریان معکوس، باعث باز شدن آنها گردد. به این کار معکوس کردن جریان آب خنک‌کننده (بک فلش)[۳] می‌گویند. برای سهولت ایجاد جریان معکوس، به ویژه در واحدهایی که تعداد خنک‌کننده‌های بیشتری دارند، از یک شیر چهارراهه استفاده شده و جریان‌ها به راحتی معکوس می‌شوند.



شکل ۳۵ـ سامانهٔ ضدلرزش در مدار کاری کمپرسورها

۱ـ Surge
۲ـ Antisurge
۳ـ Back Flash

فیلم

کم شدن جریان در کمپرسورها و پدیدهٔ لرزش و عملکرد ضدلرزش آنها نشان داده شود.

فعالیت عملی ۶

بازدید از یک مرکز مجهز به انواع سامانه‌های خنک‌کاری پمپ و کمپرسور

با هماهنگی مسئولین هنرستان خود، از قسمت‌های مختلف مرکز (موتورخانه مرکزی، آبدارخانه، کارگاه و...) بازدید کنید. قسمت‌های مختلف خنک‌کاری پمپ و کمپرسورهای موجود را شناسایی کرده و با کمک اعضای گروه خود یک گزارش کامل تهیه کنید.

۱ دلایل استفاده از دستگاه‌های خنک‌کننده چیست؟
۲ به چه دلیل انواع و اقسام دستگاه‌های خنک‌کننده طراحی شده است؟
۳ گروه‌های اصلی سامانه‌های خنک‌کننده را نام ببرید.
۴ معمولاً محل و مکان برج‌های خنک‌کننده، در صنایع مختلف کجاست؟
۵ انواع برج‌های خنک‌کننده را از نظر میزان رطوبت نام ببرید.
۶ انواع برج‌های خنک‌کنندهٔ کشش طبیعی هوا را نام ببرید.
۷ انواع برج‌های خنک‌کننده را از نظر نوع سیال خنک‌کننده نام ببرید.
۸ عوامل مؤثر در طراحی یک برج خنک‌کننده کدام‌اند؟
۹ خنک‌کاری کمپرسورها با چه دلایلی انجام می‌شود؟
۱۰ خنک‌کاری کمپرسورها با چه روش‌هایی انجام می‌شود؟
۱۱ انواع خنک‌کننده‌های روغن را نام ببرید.

ارزشیابی شایستگی خنک‌کاری تجهیزات

شرح کار:
چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد.
هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند.
پس از انجام کار، وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

استاندارد عملکرد: انجام عملیات رسوب‌زدایی از دستگاه، مطابق دستورکارتعمیراتی، درشرایط ایمن‌کاری، و بدون صدمه دیدن بدنهٔ دستگاه و ابزارآلات کار

شاخص‌ها:
ـ رعایت مسائل ایمنی در هنگام کار ـ انجام کار طبق دستور کار

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:
شرایط مکان: کارگاه مجهز و ایمن
شرایط دستگاه: آماده به کار
زمان: یک جلسهٔ آموزشی
ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی و ابزار و تجهیزات کارگاهی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	تهیهٔ چند نمونه مایع خنک‌کننده	۱	
۲	توانایی کار با تجهیزات خنک‌کاری	۲	
۳	کار با سامانه‌های خنک‌کاری به‌طور ایمن	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱ـ ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲ـ نگرش: صرفه‌جویی در آب مصرفی مبدل‌ها ۳ـ توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط‌زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴ـ شایستگی‌های غیرفنی: ۱ـ اخلاق حرفه‌ای ۲ـ مدیریت منابع ۳ـ محاسبه و کاربست ریاضی ۴ـ مستندسازی: گزارش‌نویسی دقیق و صحیح	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

منابع و مآخذ

۱ سند استاندارد شایستگی حرفه صنایع شیمیایی، ۱۳۹۲، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

۲ سند استاندارد ارزشیابی حرفه صنایع شیمیایی، ۱۳۹۳، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش

۳ سند راهنمای برنامه‌ریزی درسی سرویس و نگهداری تجهیزات صنایع شیمیایی، ۱۳۹۴، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش

۴ ابراهیمی، قنبر، مهندسی برج‌های خنک‌کننده (تر)، ۱۳۷۹، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران

۵ الیوگنر، ال، ترکی، محمود، راهنمای عملی روانکاری ماشین آلات، ۱۳۸۴، انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت

۶ تریبال، رابرت، جاودانی، کامبیز، عملیات انتقال جرم، ۱۳۶۲، چاپخانه دانشگاه صنعتی شریف

۷ چنگیزی، عالیه، شناسایی برخی زیست توده‌های موجود در برج خنک کن و راه مقابله با آنها، (ganj.irandoc.ac.ir/articles/download_sparse/739850)

۸ ساعتچی، احمد، مهندسی خوردگی، ۱۳۶۵، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان

۹ صدرایی، ساسان، فرایندهای شیمیایی، ۱۳۹۵، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

۱۰ صدرایی، ساسان، کارگاه فرایندهای شیمیایی، ۱۳۹۵، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

۱۱ گشایشی، حمیدرضا، برج‌های خنک‌کننده، ۱۳۸۷، چاپخانه شاهین، سخن‌گستر ملک‌زاده، کرامت، شهبازی کرمی، جواد، اصول طراحی یاتاقان و تئوری روغن‌کاری، ۱۳۸۱، امید انقلاب

۱۲ نیک‌آذر، منوچهر، مبانی کنترل فرایند در مهندسی شیمی، ۱۳۹۵، دانشگاه صنعتی امیرکبیر مرکز نشر دی

۱۳ یاری، مرتضی، قنواتی، مهرداد، مرجع شیرهای کنترل، ۱۳۸۳، انتشارات شرکت ملی صنایع پتروشیمی

۱۴ طالقانی، محمد، کاروان، فاطمه؛ (۱۳۸۲). از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تا نگهداری و تعمیرات بهره‌ور. رشت: انتشارات عالی.

۱۵ لوتکنز، گونتر؛ ویلسون، نورمن، (۱۹۹۵). خطرات الکتریسیتهٔ ساکن. ترجمه: همایون لاهیجانیان (۱۳۸۴). تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.

16 Bloch, Heinz P., John. J, Reciprocating Compressors, 1996, Gulf Publishing Company

17 Bloch, Heinz P., Geitner, F.K, Major Process Equipment Maintenance and Repairs, 1997, Gulf Publishing Company
18 Brennen, Christopher Earls, Hydrodynamics of Pumps, 1994, Cambridge University Press
19 Crowl, Daniel A., Louvar, Joseph F., Chemical Process Safety:Fundamentals with Application, 1990, Prentice Hall
20 Dean, Angela, Voss, Daniel, Draguljić, Danel, Design and Analysis of Experiments, 1999, Springer
21 Hensley, John C., Cooling Tower Fundamentals, 2009, SPX, Cooling Technologies
22 Holman, J.P., Heat transfer, 1998, McGraw-Hill; 6th edition
23 McCabe, Warren L., Smith, Julian C., Harriott, Peter, Unit Operation of Chemical Engineering, 1985
24 Walas, Standey M., Chemical Process Equipment, 2010, Butterworth-Heinemann Publications

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه، سامانهٔ تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان دربارهٔ کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانهٔ راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائهٔ نظرات خود، سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

کتاب سرویس و نگهداری تجهیزات در صنایع شیمیایی ـ کد ۲۱۱۵۲۱

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	محسن هادیان	اصفهان	۱۰	میرزا طالبی	هرمزگان
۲	فرهاد همتی	آذربایجان شرقی	۱۱	محمدرضا شاهسون	شهرستان‌های تهران
۳	الهه وهابی نژاد	خراسان رضوی	۱۲	محسن کدیور	فارس
۴	نسرین اسلامی	کرمان	۱۳	مصطفی مرادی	زنجان
۵	شکراله شمسی	مرکزی	۱۴	عبدالحمید اربابی	سیستان وبلوچستان
۶	لاله قورچی بیگی	قزوین	۱۵	فریبا بازدار	ایلام
۷	محمد داننده	اردبیل	۱۶	علی ایزدی یزدان آبادی	کرمان
۸	ژاکلین راه حق	کردستان	۱۷	نادر عباسی نوا	آذربایجان غربی
۹	اکرم قربانی	گیلان			