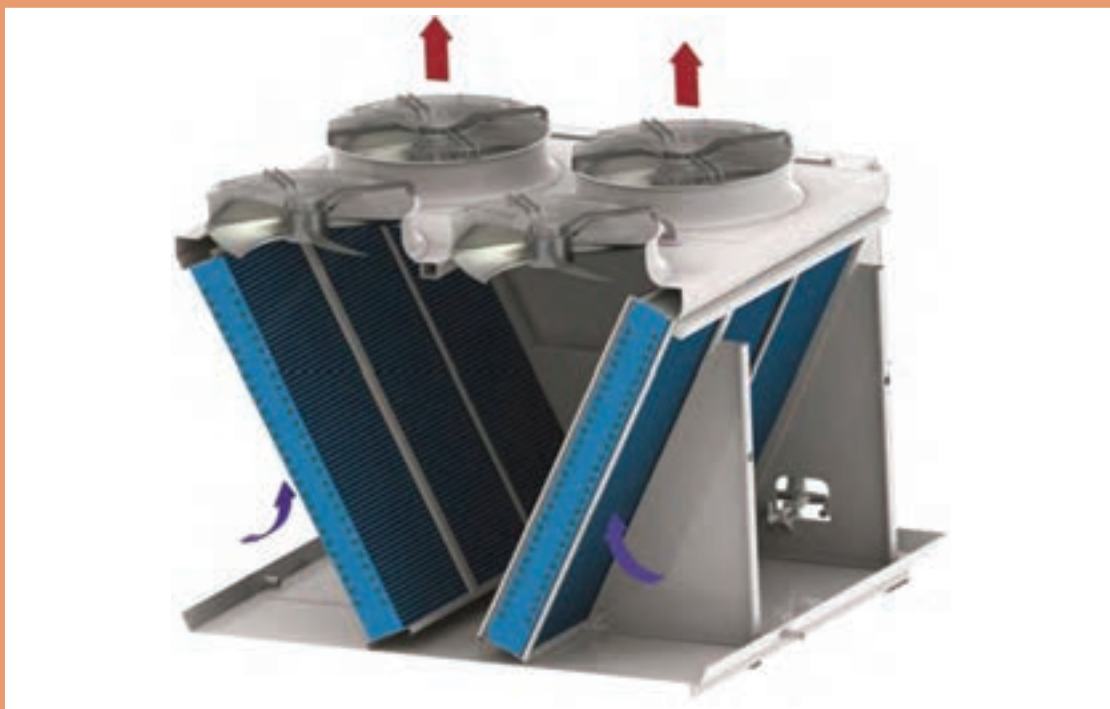




## پودمان ۵

### خنک کاری تجهیزات



استفاده از فرایندهای مختلف خنک کاری به دلیل حفاظت تجهیزات صنعتی، مسائل زیست محیطی، صرفه جویی در انرژی و... امری اجتناب ناپذیر است.

## واحد یادگیری ۵

### انجام خنک کاری تجهیزات

#### مقدمه

بالا رفتن دمای مواد و وسایل در گیر 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، سامانه خنک‌کننده کمپرسور و ایمنی سامانه خنک‌کننده‌ها ارائه شده است. در این پودمان هنرجویان با تهیه چند نمونه مایع خنک‌کن، انجام خنک‌کاری تجهیزات و حفظ ایمنی سامانه‌های خنک‌کاری نیز آشنا می‌شوند.

#### استاندارد عملکرد

تهیه چند نمونه مایع خنک‌کن و انجام خنک‌کاری تجهیزات و حفظ ایمنی سامانه‌های خنک‌کاری طبق دستورالعمل

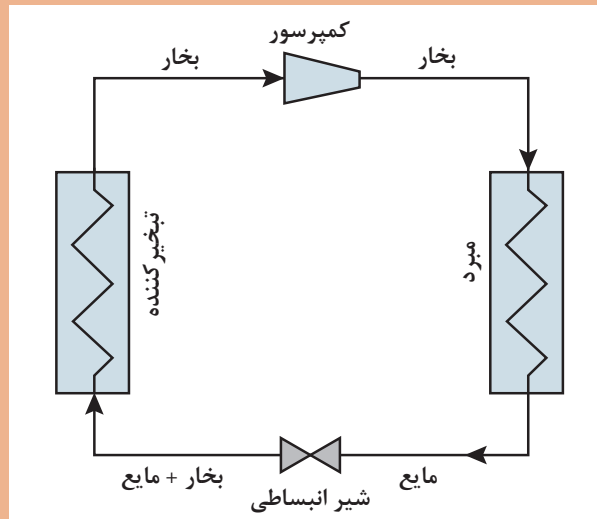
#### شایستگی‌های غیر فنی مورد انتظار این پودمان عبارت‌اند از

- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی انجام وظایف و کارهای محوله - پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده از مواد و تجهیزات
- ۳ کار گروهی: حضوری فعال در فعالیت‌های گروهی - انجام کارها و وظایف محوله
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی 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.

با توجه به چرخه سرمایه‌ش زیر، چرا یخچال و فریزرهای موجود در منازل باید در فاصله مناسبی از دیوار قرار داشته باشند؟



باقی ماندن و تجمع گرما در تجهیزات مختلف سبب بالا رفتن دمای مواد و وسایل در گیر در فرایندهای گوناگون، تبخیر مایعات، تغییر شکل یا فرسودگی قطعات و کاهش بازدهی عملکرد دستگاه‌ها می‌شود. برای پیشگیری یا کاهش این معایب، 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.

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

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

پرسش



تحقیق کنید



پرسش



به دلیل حفاظت از تجهیزات صنعتی، مسائل زیست‌محیطی، صرفه‌جویی در انرژی و... استفاده از فرایندهای مختلف خنک‌کاری اجتناب‌ناپذیر است. وقتی مایع گرمی با گاز اشباع نشده‌ای (از بخار آن مایع) 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 تهویه 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 زیر 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	...		

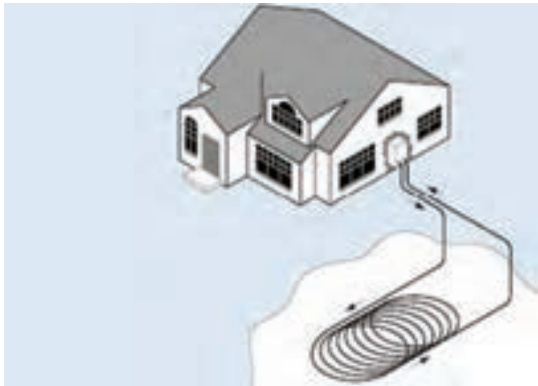
بدن انسان به‌طور طبیعی چگونه خنک می‌شود؟

تحقیق  
کنید



## انواع سامانه‌های خنک‌کننده

در بیشتر سامانه‌های خنک‌کننده، گرما به سیال خنک‌کن منتقل می‌شود و دمای سطح فلزات در محدوده‌ای از زیر صفر (صنایع یخچال‌سازی) تا بالای ۱۰۰ درجه سلسیوس (موتورهای احتراق داخلی) متغیر است. میزان خنک شدن، بسته به نوع سامانه و فرایند آن، متغیر است. انواع سامانه‌های خنک‌کننده به سه گروه اصلی گردشی بسته، گردشی باز و گذرا تقسیم می‌شوند.



شکل ۱- طرح ساده‌ای از سامانه خنک کننده گردش بسته

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

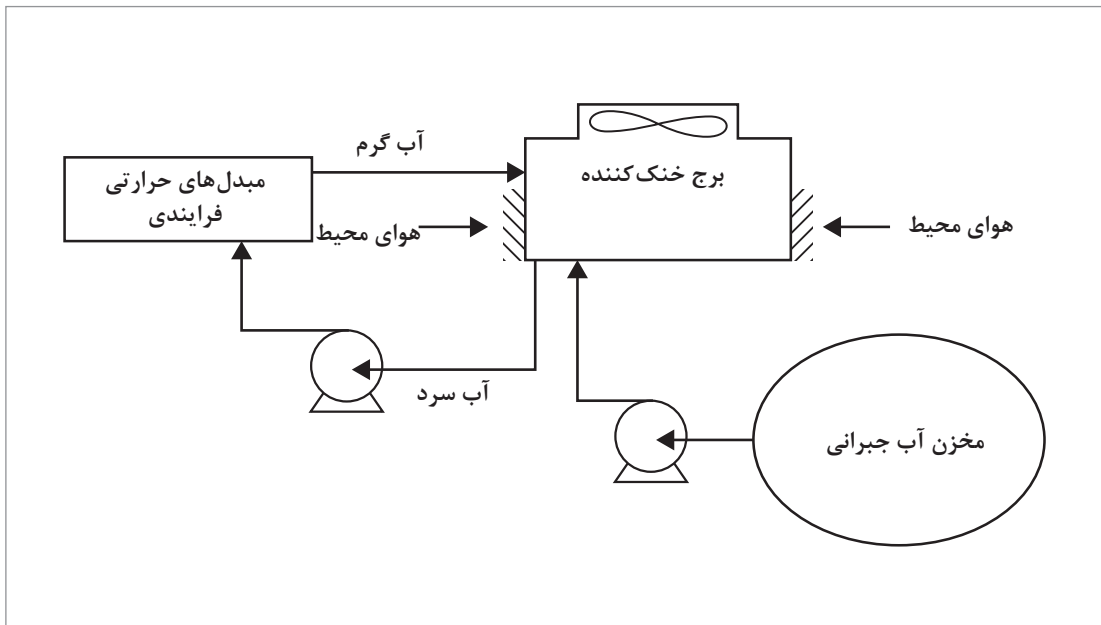
نمونه‌هایی از سامانه خنک کننده گردش بسته را نام ببرید.

پرسش



### ب) سامانه‌های خنک کننده گردش باز

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



شکل ۲- طرح ساده‌ای از سامانه خنک کننده گردش باز



شکل ۳- نمونه‌ای از سامانه‌ی خنک‌کننده گذرا در مجاور رودخانه‌ها

### پ) سامانه‌های خنک‌کننده گذرا

در سامانه‌ی خنک‌کننده‌ی 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).

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 به کار ببریم، باید به‌گونه‌ای گرمای آب را دفع کرد. این کار با به کار بردن برج‌های خنک‌کننده انجام می‌گیرد. در تمام کارخانه‌ها تعداد زیادی می‌دَل حرارتی<sup>۱</sup> 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 درجه حرارت، 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. آب با سختی زیاد باعث رسوب‌سازی در دستگاه‌ها شده و از آنجایی که بیشتر این دستگاه‌ها از آلیاژ آهن ساخته شده‌اند، مشکل خوردگی به‌وجود می‌آید. از طرف دیگر، بیشتر برج‌های خنک‌کننده در برخورد مستقیم با هوا و نور خورشید می‌باشند و بنابراین محیط مناسبی برای رشد انواع میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌ها هستند که آنها نیز مشکلات مخصوص به خود را همراه دارند. 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.

پرسش

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



## انواع خنک کننده‌ها و عملیات خنک کاری

فیلم

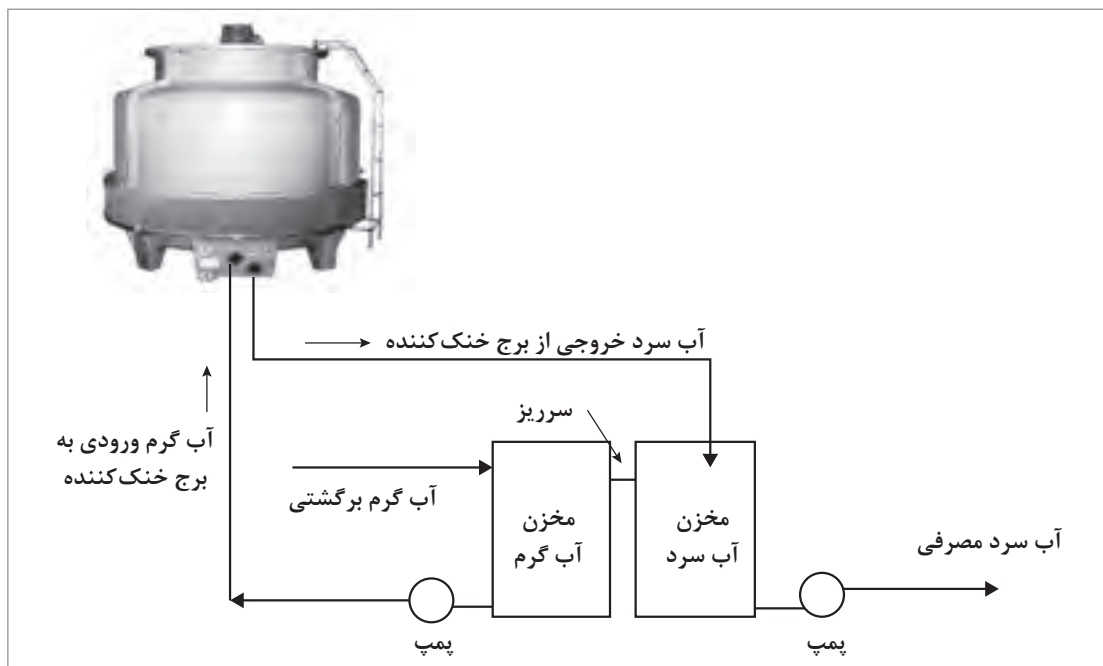


تحقیق کنید



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

شکل شماره ۴ یک نمونه سامانه خنک کننده ساختمان‌ها را نشان می‌دهد.



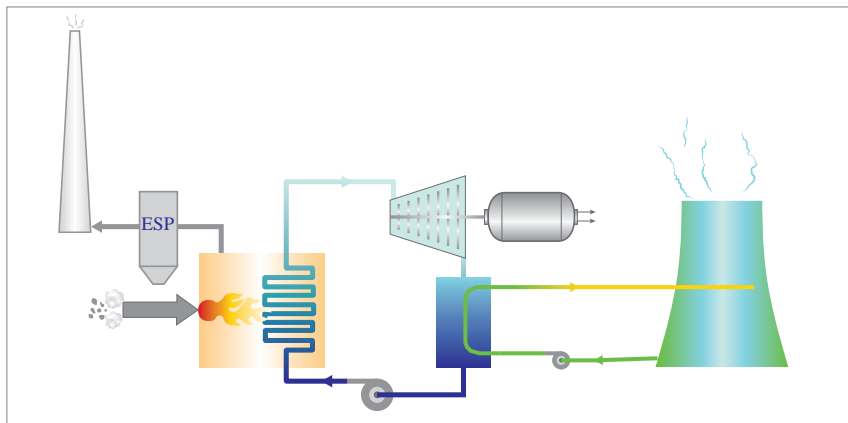
شکل ۴- یک نوع سامانه خنک کننده ساختمان‌ها

در ادامه، انواع دستگاه‌های خنک کننده شامل برج خنک کننده<sup>۱</sup>، سامانه خنک کننده خودرو و خنک کننده‌های پمپ و کمپرسور معرفی می‌شوند.

## برج خنک کننده

در اغلب کارخانه‌ها یکی از مهم‌ترین دستگاه‌ها، انواع برج‌های خنک کننده می‌باشد. این برج‌ها علاوه بر آب، به منظور خنک کردن سیالات دیگر نیز به کار می‌روند. با توجه به اینکه برج‌های خنک کننده 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.

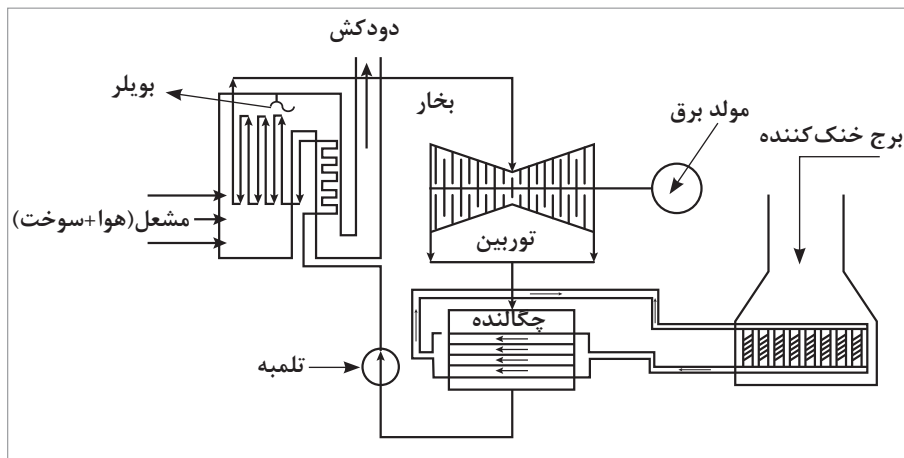




شکل ۵- موقعیت برج خنک کننده در یک فرایند

برج خنک کننده، 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 بقیه آن می‌شود. به عبارت دیگر، برج خنک کننده، وسیله‌ای برای دفع حرارت زائد آب مورد استفاده در چگالنده‌ها، به طریق تبادل حرارتی با هوا است. برج‌های خنک کننده معمولاً با تبخیر آب، حرارت ایجاد شده را دفع کرده و آب را تا دمای حباب مرطوب هوا کم می‌کنند.

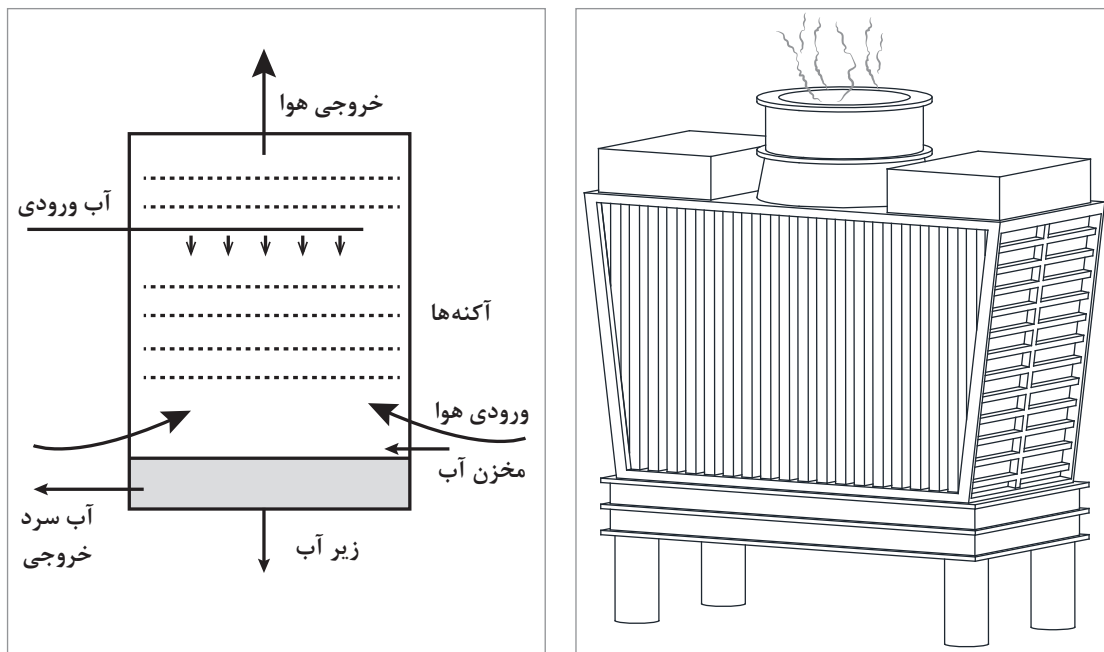
**کاربرد برج خنک کننده:** کاربرد برج‌های خنک کننده به قرن نوزدهم میلادی و اختراع چگالنده (کندانسور) برای استفاده در موتور بخار برمی‌گردد. نیروگاه‌های بخاری به یک پس‌زنندهٔ گرما به خارج از چگالنده نیاز دارند. در این سامانهٔ آب خنک کننده، چرخه‌ای را بین چگالنده و برج خنک کننده طی می‌نماید. آب خنک کننده 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 ۶- جایگاه برج خنک کننده 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. عموماً در برج‌های خنک‌کننده، آب گرم توسط لوله‌هایی به بالای برج منتقل شده و در آنجا یا به صورت 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 ۷- طرح ساده‌ای از نمای داخلی و خارجی یک نمونه برج خنک‌کننده آزمایشگاهی

## انواع برج خنک‌کننده:

برج‌های خنک‌کننده، بر اساس میزان رطوبت به سه دسته مرطوب<sup>۱</sup>، خشک<sup>۲</sup> و خشک-مرطوب<sup>۳</sup> تقسیم می‌شوند.

### الف) برج‌های خنک‌کننده مرطوب

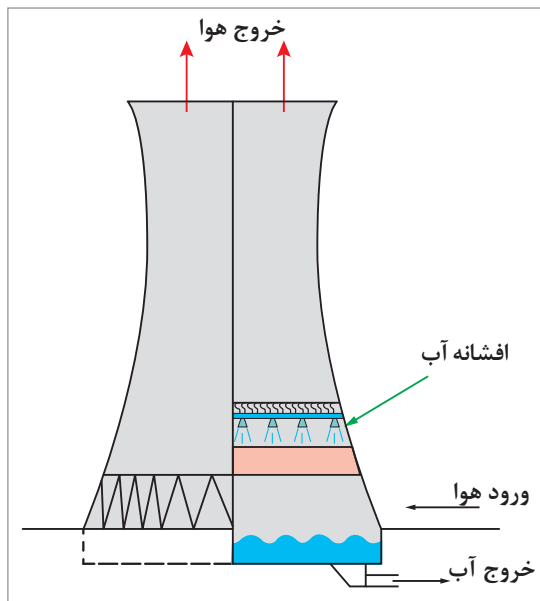
برج‌های خنک‌کننده مرطوب، حرارت فرایندها را به وسیله ساز و کارهای زیر به محیط می‌دهند:

- ۱ با افزایش حرارت هوای اطراف؛
- ۲ با تبخیر بخشی از آب در حال گردش در سامانه؛
- ۳ با افزایش دمای مخزن طبیعی آب جمع آوری سرد شده

۱- Wet Cooling Towers

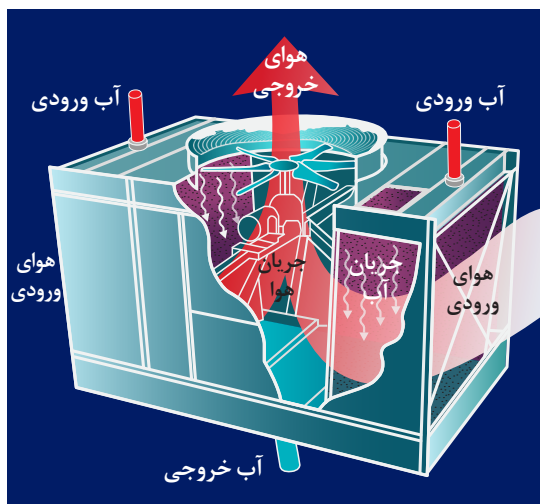
۲- Dry - Cooling Towers

۳- Wet - Dry Cooling Towers



شکل ۸ - طرح ساده‌ای از یک برج خنک‌کننده مرطوب

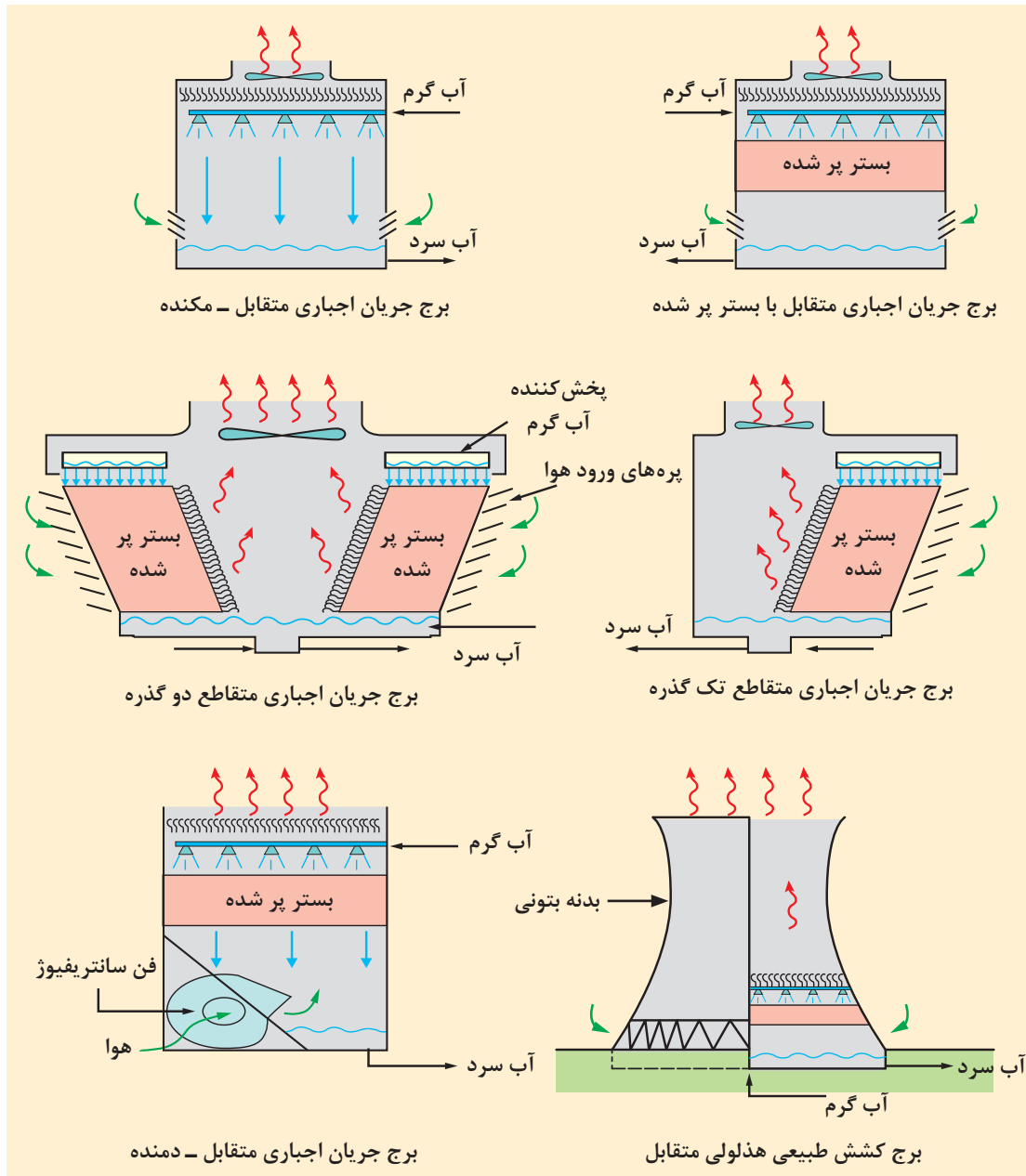
مطابق شکل ۸ برج‌های خنک‌کننده، یک سامانه توزیع و پخش آب گرم دارند که آب را به صورت یکنواخت روی یک شبکه کاری مشبک از تخته‌های افقی قرار می‌دهند. این شبکه‌ها آکنه نامیده می‌شوند.



شکل ۹- نمایی برش خورده از برج خنک‌کننده مرطوب

آکنه‌ها آب سرازیر شده از بالای برج را با هوایی که از میان آنها حرکت می‌کند کاملاً مخلوط کرده، به طوری که آب توسط نیروی وزن خود به صورت یک قطره از یک آکنه به سطح آکنه دیگر می‌ریزد. هوای بیرونی از طریق منافذی که به صورت تیغه‌های افقی کرکره‌ای در اطراف برج قرار دارند، وارد می‌شود. این تیغه‌ها به منظور نگه‌داری آب در داخل برج، به طرف پایین داخل 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 حوضچه 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 خنک‌کننده مرطوب به دو صورت برج‌های خنک‌کننده با کشش طبیعی و برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی دسته‌بندی می‌شوند.

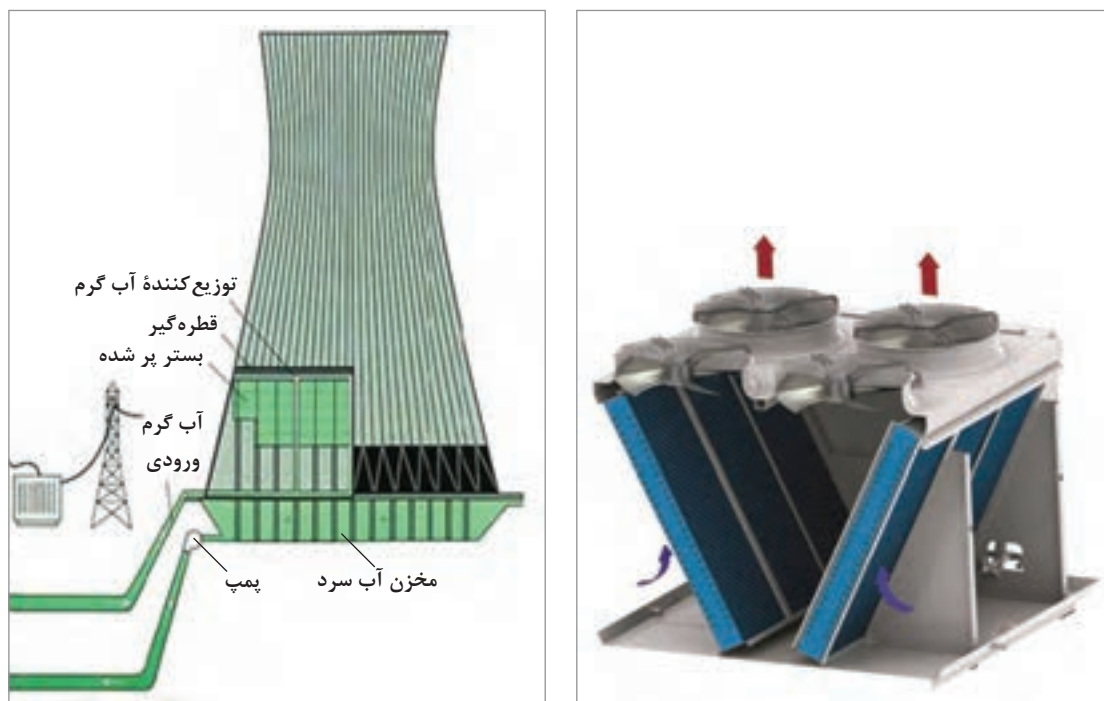
شکل ۱۰ انواع آرایش های برج خنک کننده مرطوب را نشان می دهد.



شکل ۱۰- انواع آرایش های برج های خنک کننده مرطوب

### ب) برج‌های خنک‌کننده خشک

در مکان‌هایی که آب کافی برای برج خنک‌کننده مرطوب وجود ندارد، باید از اتلاف میزان آب بر اثر تبخیر، جلوگیری به عمل آمده، بنابراین از این نوع برج‌ها استفاده می‌شود. در برج‌های خنک‌کننده خشک، آب در حال گردش از میان لوله‌های پره‌دار عبور کرده به طوری که 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 ۱۱- طرح ساده‌ای از یک برج خنک‌کننده خشک

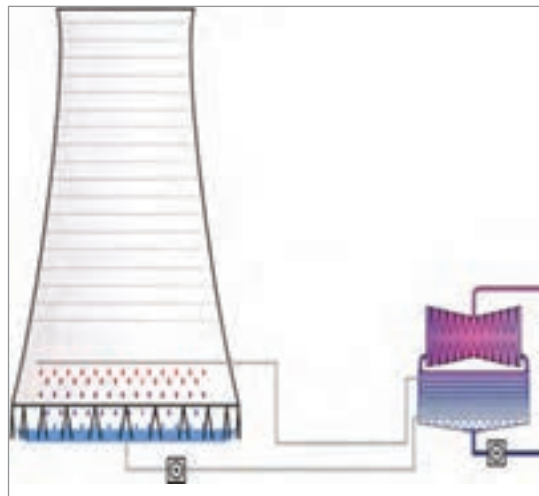
برج‌های خنک‌کننده خشک نیز می‌توانند با کشش طبیعی و یا با کشش مکانیکی عمل نمایند. یک افشانک هوا که با بخار کار می‌کند، با خارج کردن هوا و سایر گازهای غیرقابل تراکم به برقراری خلأ کمک می‌کند. برای جلوگیری از نشت هوا به داخل دستگاه، پمپ، اختلاف فشار در داخل برج را مثبت نگه می‌دارد. فشار و درجه حرارت‌هایی که یک برج خنک‌کننده خشک به کار می‌برد، به طور قابل ملاحظه‌ای، بیشتر از برج مرطوب است. در یک برج خنک‌کننده 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، ابعاد برج را کاهش می‌دهد، ولی باعث اتلاف انرژی بیشتری در دستگاه می‌گردد. در برج خنک‌کننده خشک بر خلاف برج خنک‌کننده مرطوب، یخ‌زدگی که (در شرایط خاص جوی) پدید می‌آید، ایجاد نمی‌شود.

### ج) برج‌های خنک‌کننده خشک - مرطوب

با توضیحاتی که در مورد دو نوع برج قبلی داده شد، مشخص می‌شود که برج‌های مرطوب همیشه مقداری آب به صورت تبخیر، مکش توسط هوا و نشستی مصرف می‌کنند. همچنین این برج، دچار مشکل پراکندن ذرات آب است. برج‌های خنک‌کننده خشک مشکلی بر کارکرد نیروگاه به خصوص در موقع گرم شدن هوای محیط تحمیل می‌کنند. در چنین مواردی برای کاهش عوارض حاصل از دو نوع برج ذکر شده، از برج‌های خنک‌کننده خشک-مرطوب استفاده می‌شود. همان طوری که از نام این نوع برج‌ها استنباط می‌شود، یک برج خنک‌کننده خشک-مرطوب به وسیله ترکیبی از برج‌های خشک و مرطوب عمل می‌کند. در این گونه 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 پره دار شده و ضمن عبور مارپیچ از لوله‌ها، قسمت خشک را ترک کرده و تحت اثر نیروی جاذبه از میان آکنه‌ها در قسمت مرطوب، به حوضچه 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 - 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 ۱۲- طرح ساده‌ای از یک برج خنک‌کننده خشک-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 به دست آورد. از آنجایی که در بسیاری از صنایع، آب متداول‌ترین سیال خنک‌کننده فرایندهای گوناگون است، در ادامه انواع برج‌های سردکننده آب معرفی می‌شوند.

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 روپیدن گیاهان قارچی در درون خلل و فرج چوب وجود دارد. از این‌رو، پوشش نازکی از لاستیک نئوپرین روی چوب ایجاد می‌کنند تا از حمله 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 آکنه 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 دسته 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 دسته متقابل<sup>۱</sup> و متقاطع<sup>۲</sup> دسته‌بندی می‌شوند.

### انواع برج‌های خنک‌کننده با کشش طبیعی هوا

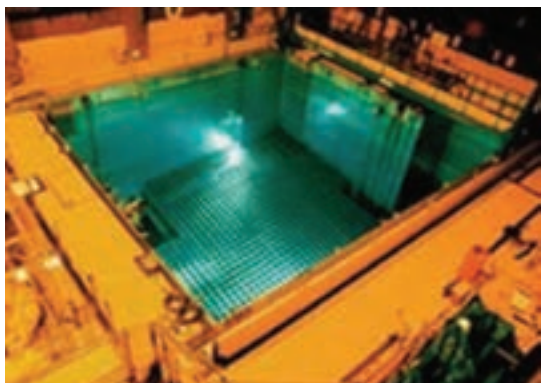
این برج‌ها شامل استخرهای خنک‌کننده، استخرهای آب‌پاش، برج‌های جوی و برج خنک‌کننده با کوران طبیعی هستند. در ادامه توضیح مختصر هر کدام از این برج‌ها آورده شده است.

#### ۱ استخرهای خنک‌کننده

استخرهای خنک‌کننده ساده‌ترین نوع دستگاه‌های خنک‌کننده می‌باشند و عمل خنک شدن به‌وسیله تماس آب با هوا در سطح استخر انجام می‌گیرد. قسمتی از خنک شدن به‌وسیله تماس آب با هوا در سطح استخر انجام گرفته و قسمتی از خنک شدن نیز به وسیله 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

۱- Counter Flow

۲- Cross Flow



شکل ۱۳- استخر خنک کننده

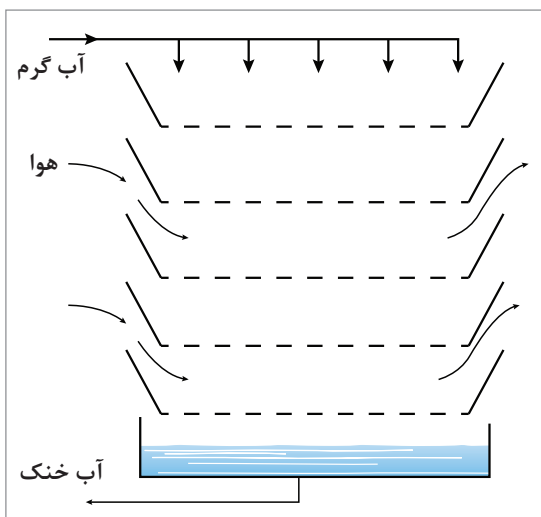
دستگاه‌های خنک کننده بسیار آسان است ولی احتیاج به فضای وسیعی داشته و مخارج بسیاری برای عمل حفاری لازم است (شکل ۱۳). میزان انتقال حرارت در این نوع استخرهای خنک کننده بسیار کم بوده و بازده، پایین می‌باشد.



شکل ۱۴- استخر خنک کننده آب پاش

## ۲ استخرهای آب پاش

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)

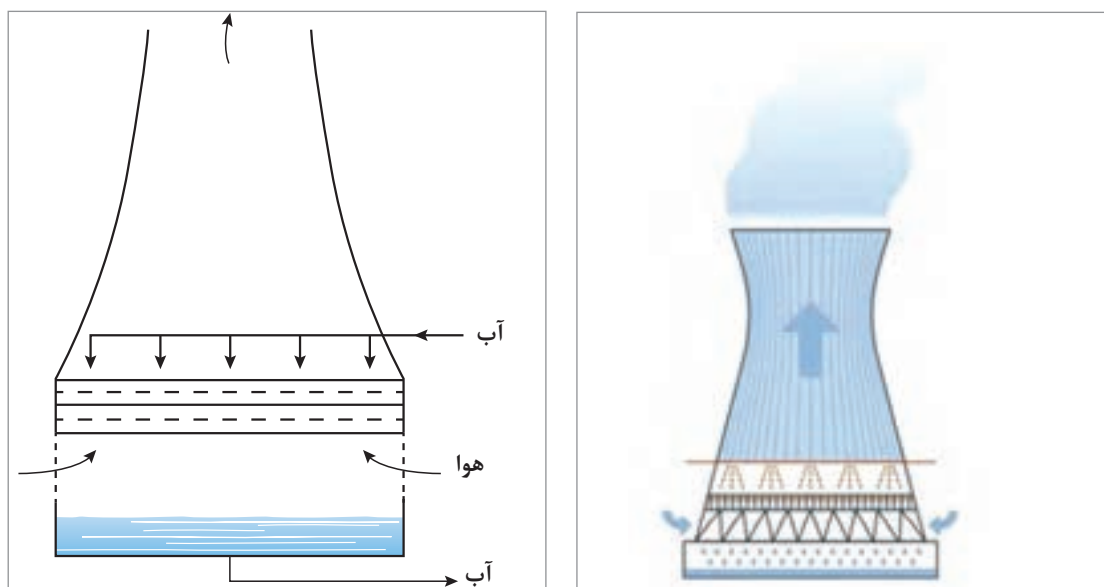


شکل ۱۵- طرح ساده‌ای از برج جوی

**برج‌های جوی:** 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 نسبتاً کوتاهی دارند. از خصوصیات ویژه این نوع برج‌ها بلند بودن ساختمان برج است، بنابراین، پمپ‌هایی با هد زیاد برای پمپ کردن 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 جوی را نشان می‌دهد.



**برج خنک کننده با کوران طبیعی:** این نوع برج‌ها ابتدا در اروپا توسعه یافتند. نخستین برج خنک کننده 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 به دست می‌آمد ولی امروزه شکل آنها به صورت هذلولی (هیپربولیکی) است. یک برج خنک کننده با کشش طبیعی اساساً شامل یک پوسته خالی به شکل دودکش است که ممکن است بالغ بر ۱۰۰ متر ارتفاع و ۱۰۰ متر قطر داشته باشد. در حالی که در دودکش خنک کننده، آکنه‌هایی تعبیه شده که وظیفه پخش بهتر آب را انجام می‌دهند و ارتفاع بستر آکنه‌ای به ۱۰ متر می‌رسد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- برج خنک کننده با کوران طبیعی

در حال حاضر در بالای دودکش خنک کننده معمولاً یک حذف کننده 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 به صورت باران کثیف در می‌آیند. پوسته این برج‌ها از بتن آرمه ساخته می‌شود که شکل آن به صورت 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 به صورت 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 به صورت 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، مجدداً 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 سرازیر شده انتقال حرارت صورت گرفته و در نتیجه حرارت از طرف آب به سوی هوا منتقل می‌گردد. وظیفه اصلی دودکش خنک‌کننده، افزایش سطح جانبی بین آب گرم و هوای سرد است که این عمل به وسیله 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 به صورت یک سطح وسیع گسترده شده‌اند و در نتیجه دارای ارتفاع کمی هستند. در برج‌های جریان متقاطع، آکنه‌ها بر روی حلقه‌ای که در خارج از برج قرار دارد، سوار شده‌اند. انتخاب بین انواع مختلف برج‌های خنک‌کننده به عوامل زیادی بستگی دارد که شرایط اقلیمی، اقتصادی و آب و هوایی از مهم‌ترین آنها می‌باشند.

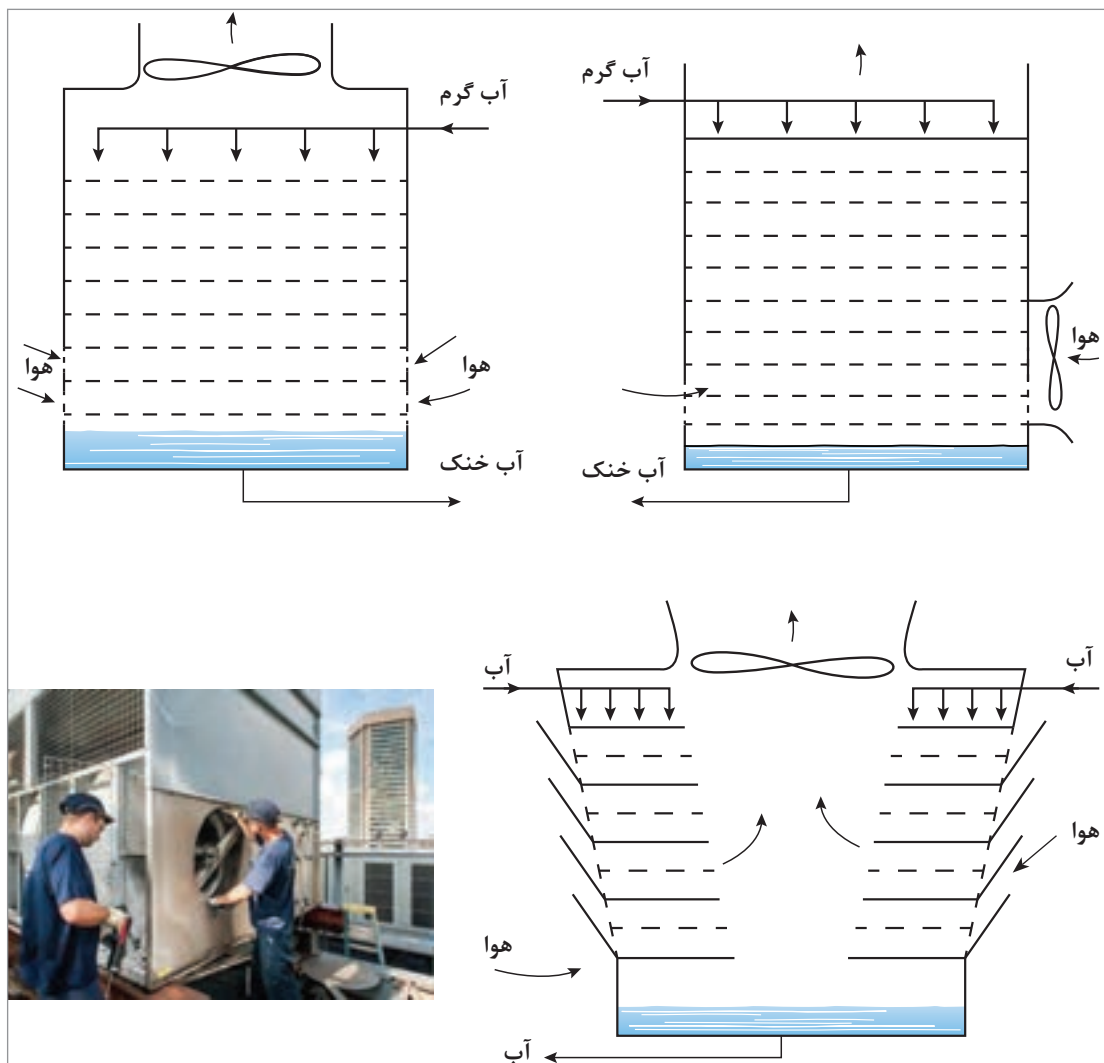
### برج‌های خنک‌کننده با کشش مکانیکی (اجباری) هوا

در این نوع از برج‌ها، هوا به وسیله یک یا چند بادبزن (فن) که به طور 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 به طور 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، به کار بردن برج‌های کشش مکانیکی، از نظر هزینه توان مورد نیاز بادبزن باید مورد بررسی قرار گیرد. یکی از اشکالات کاربرد برج‌های کشش مکانیکی تخلیه ذرات پخش شده از برج در ارتفاع کم می‌باشد که ممکن است این ذرات به داخل ورودی‌های هوا کشیده شوند. این برگشت مجدد ذرات می‌تواند سبب نزول ذرات و بدی عملکرد مجموعه 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 نیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱ قدرت زیاد بادبزن‌ها مستلزم هزینه 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 ۱۷- 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 هزینه ساخت و افت فشار بالایی هستند. با وجود این، در مواردی که فازهای مورد نظر، 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 به وسیله مایعی جذب یا دفع می‌شود از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

E: گرمای جذب شده بر حسب BTU/h

W: دبی مایع خنک شونده بر حسب lb/h

S: گرمای ویژه مایع خنک کننده بر حسب BTU/lb.F

TD: کاهش دمای مایع خنک شونده بر حسب F

در حالی که 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. برای اینکه حداکثر بهره‌برداری که در طراحی آن به کار رفته است، رعایت شود، در برج‌های خنک کننده از انواع آکنه‌ها استفاده می‌شود. اجزای اصلی یک برج خنک کننده شامل لوله‌ها، آکنه‌ها، حوضچه، بادبزن‌ها و حذف کننده‌ها 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 گرد (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 خنک کننده در آن جمع می‌گردد. به حوضچه، یک جریان به نام آب تکمیلی یا آب جبرانی<sup>۱</sup> 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 خنک کننده با کشش مکانیکی، بادبزن‌هایی نصب می‌شود تا جریان هوای لازم را جهت عبور از آکنه‌ها تولید نمایند. بر حسب موقعیت قرار گرفتن بادبزن‌ها در برج، انواع برج‌های دمنده<sup>۲</sup> و مکنده<sup>۳</sup> 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 حداقل ممکن برسد.

**۲) برج‌های مکنده:** در این نوع برج‌ها، بادبزن‌ها در محل خروجی هوا از برج قرار گرفته‌اند و محل آنها معمولاً در بالای برج‌ها و در بعضی مواقع در طرفین برج می‌باشد.

از لحاظ تئوری، برج دمنده ترجیح داده می‌شود، زیرا فن‌ها با هوای خنک کننده ورودی کار می‌کنند و بدین جهت نیروی کمتری را تلف می‌کنند. به هر حال آزمایش و کار با این نوع فن‌ها دارای بعضی نقطه ضعف‌ها

۱- Make Up

۲- Force Draft Cooling Tower

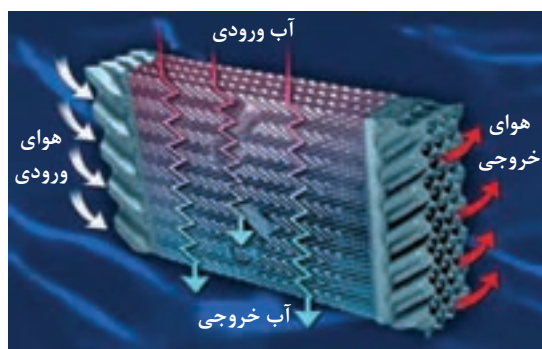
۳- Induced Draft Cooling Tower

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



شکل ۱۸- یک نمونه حذف کننده

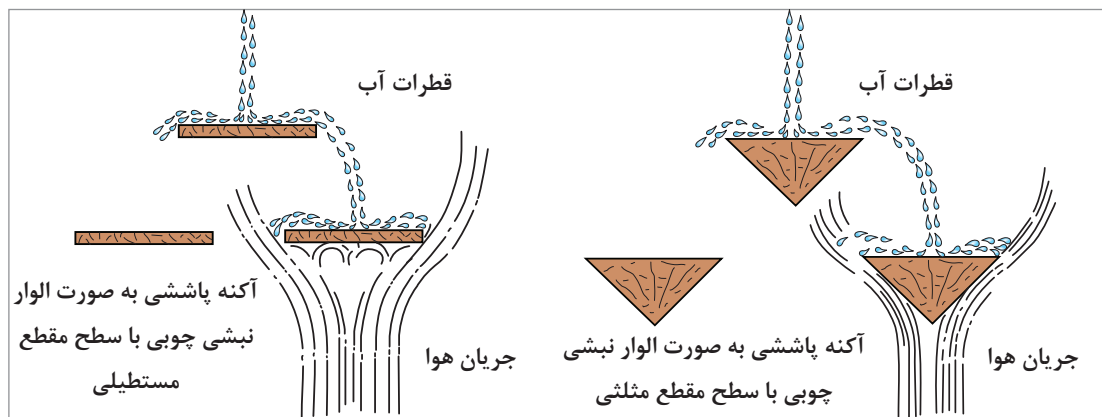
ت) حذف کننده‌ها: حذف کننده‌ها از خارج شدن قطرات آب به وسیله کشش هوا از برج جلوگیری به عمل می‌آورند. تیغه‌های حذف کننده‌ها، معمولاً طوری نصب می‌شوند که با سطح افق زاویه‌ای در حدود ۴۵ درجه بسازند. جنس این تیغه‌ها ممکن است از چوب، فلز یا پلاستیک باشد. (شکل ۱۸)



شکل ۱۹- نمایی برش خورده از برج خنک کننده آکنه دار

ث) آکنه‌ها: همان طور که در کتاب عملیات کارگاهی سال دهم اشاره شد، دو نوع آکنه پاششی<sup>۱</sup> و لایه‌ای<sup>۲</sup> در برج‌های خنک کننده آکنه دار ممکن است مورد استفاده قرار گیرند (شکل ۱۹).

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

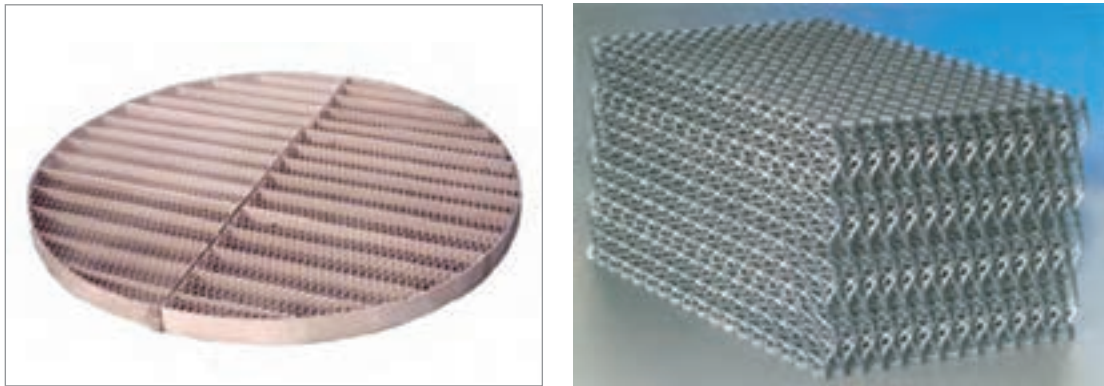


شکل ۲۰- آکنه‌های پاششی

۱- Splash Packing

۲- Film Packing

در آکنه‌های نوع لایه‌ای سطح وسیعی از آب در اثر جریان در روی تیغه‌ها به وجود می‌آید. این آکنه‌ها به روش‌های زیر می‌توانند سطوح وسیع را ایجاد کنند.  
آکنه‌های شبکه‌ای<sup>۱</sup>: این نوع آکنه‌ها از تعدادی شبکه چوبی که بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند، ساخته شده‌اند. این شبکه‌ها طوری نصب شده‌اند که هر شبکه با شبکه‌های اطراف خود زاویه ۹۰ درجه می‌سازد و به این صورت آب در سطوح شبکه‌ها پخش می‌گردد (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- نمونه‌ای از آکنه‌های شبکه‌ای

آکنه‌های نامنظم<sup>۲</sup>: این نوع آکنه‌ها از موادی با سطح زیاد درست شده‌اند که به طور 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).



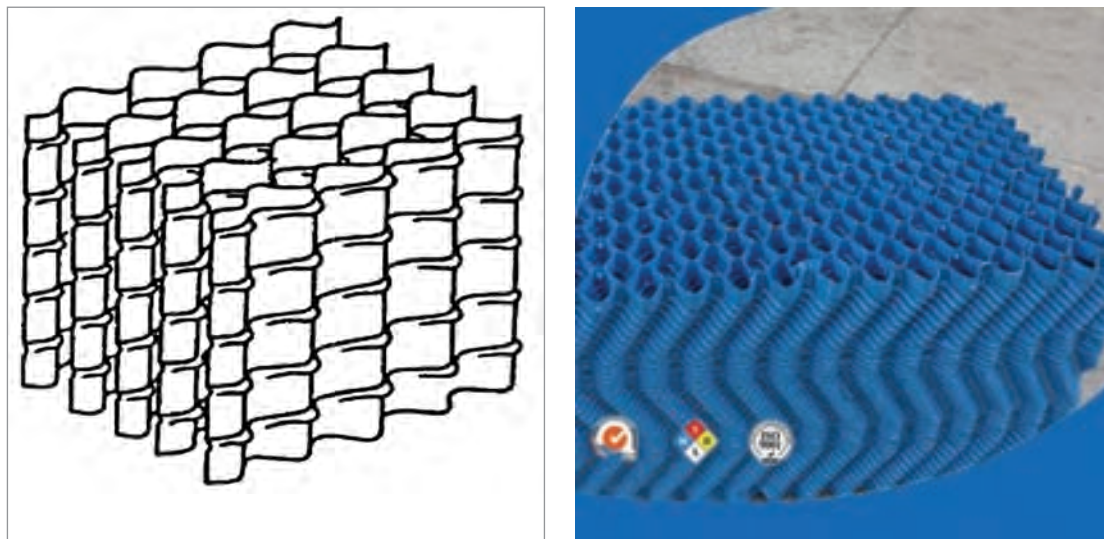
شکل ۲۲- نمونه‌ای از آکنه‌های نامنظم

۱- Gird Packing

۲- Random Packing



آکنه‌های منظم: این نوع آکنه‌ها از صفحات نازک پلاستیکی چین‌دار ساخته شده‌اند که با زاویه 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 ۲۳- آکنه‌های منظم

**مشخصات و خصوصیات آکنه‌ها:** مشخصات و خصوصیات آکنه یک برج خنک‌کننده واقعی را توسط یک برج خنک‌کننده آزمایشی، اندازه‌گیری می‌کنند. در این برج یک مقطع از آکنه با مربعی به ضلع ۴ ft و عمق ۸ ft را می‌توان تحت یک تغییر بار آب و هوا و اتلاف حرارتی آزمایش کرد. بزرگی این برج یک مسئله 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 اوریفیس اندازه‌گیری می‌شوند.

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

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

به تجربه ثابت شده است که برای هر ۱۰ درجه فارنهایت افت دما در برج خنک کننده، میزان تبخیر در حدود یک درصد کل آب در حال گردش می باشد.

چون نمک های کلرور حلالیت 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 معلق در آب در حال گردش، در برج خنک کننده ایجاد اشکال می نماید. برای جلوگیری از افزایش غلظت مواد محلول و معلق، مقداری از آب در حال گردش را تخلیه می کنند که این آب در صنعت به زیراب<sup>۱</sup> معروف است. همچنین مقدار آب برج ممکن است به طوری تصادفی یا به وسیله باد کاهش یابد. اصولاً در برج های خنک کننده مقداری آب به صورت گرد درآمده و توسط باد یا کشش از برج خارج می شود. مقدار آب لازم جهت آب کسری برج از رابطه زیر به دست می آید:

$$\text{Make Up} = E + B + W$$

آب جبرانی برحسب gal/h

که در رابطه فوق:

B: مقدار زیراب بر حسب gal/h

E: مقدار آب تبخیر شده بر حسب gal/h

W: مقدار آبی که توسط باد خارج می شود برحسب gal/h

اطلاعاتی که از طرف خریداران در اختیار فروشندگان قرار می گیرد، در طراحی برج اهمیت فراوانی دارد. این اطلاعات شامل اختلاف دما، مقدار آب در حال گردش و... می باشند.

### مشکلات برج های خنک کننده

خوردگی قطعات داخلی برج و همچنین تشکیل رسوب در قسمت های مختلف برج، از عمده ترین مشکلات به وجود آمده برای یک برج خنک کننده هستند. علی رغم عملکرد بسیار ساده این نوع برج های خنک کننده، به علت ارتفاع و حجم بسیار بزرگی که دارند هزینه های ساخت و سرمایه گذاری اولیه آنها بسیار بالا می باشد. همچنین به دلیل اینکه بیشتر برج های خنک کننده در معرض مستقیم هوا و نور خورشید هستند، محیط مناسبی برای رشد باکتری ها و میکروارگانیسم ها می باشند (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- خوردگی و رشد میکروارگانیسم ها در برج های خنک کننده



فعالیت  
عملی ۱



### ساخت برج خنک کننده کارگاهی

با امکانات موجود در هنرستان خود یک نمونه برج خنک کننده 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 خنک کننده ساخته شده

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

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

#### جدول

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

نکته ایمنی



هنگام کار کردن برج با آب بالای ۳۰ درجه سلسیوس، مراقب خطرات ناشی از آب گرم باشید. میزان خنک کنندگی 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 سامانه‌های برج‌های خنک کننده بازدید کنید.

## برج‌های خنک‌کننده روغنی و غیر روغنی

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

### الف) برج‌های خنک‌کننده 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 غالباً در مناطقی استفاده می‌شود که اولاً به منابع عظیم آب نزدیک هستند. ثانیاً به لحاظ شرایط آب و هوایی مثل رطوبت بالای هوا نمی‌توان از سامانه‌های خنک‌کننده 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 اعماق دریا وارد سامانه شده و در تعدادی مبدل 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 آب گرم خروجی از واحدها، بعد از خنک شدن، بار دیگر جهت مصارف سردسازی به مجتمع‌ها برمی‌گردد. از این جهت 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 این گونه سامانه‌ها مشکلات زیست‌محیطی زیادی دارند که در اینجا فقط به دو نمونه از آنها اشاره می‌شود.

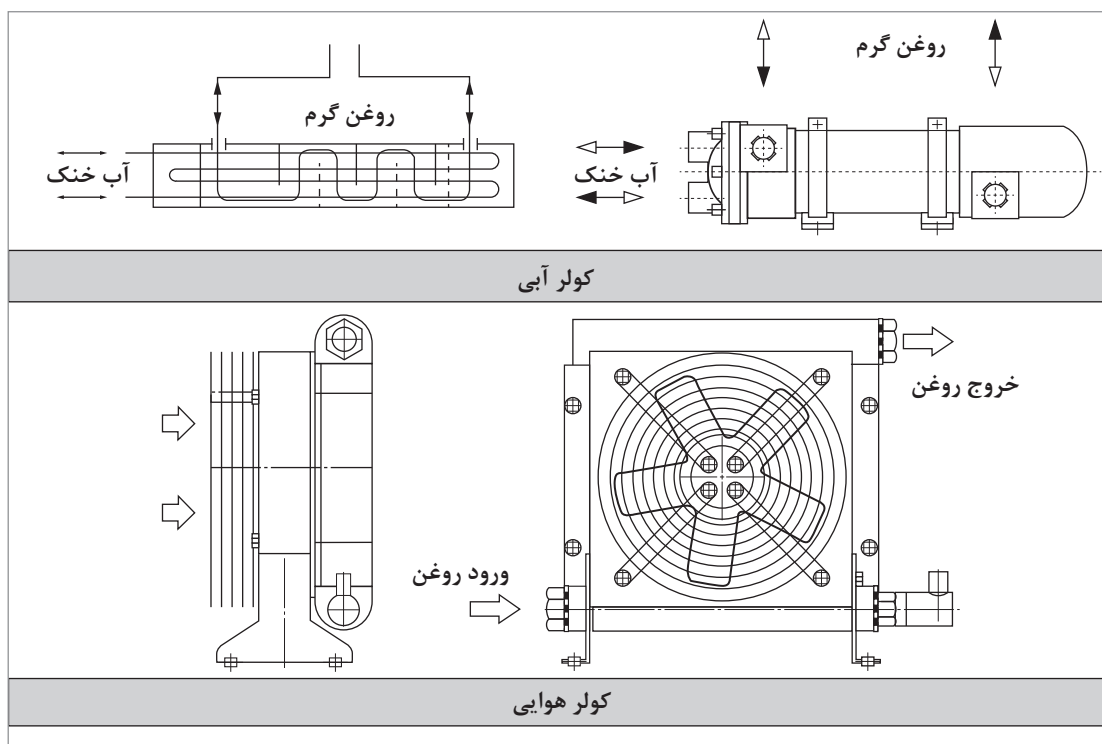
**۱** آب در هنگام تبادل حرارت در مبدل‌ها، به دلیل مشکلات ناشی از خوردگی تجهیزات و مخازن، آلوده به مواد نفتی، شیمیایی و غیره می‌شود که این آب در برگشت مجدد به دریا، باعث آلودگی آب دریا و نابودی موجودات دریایی می‌گردد.

**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.

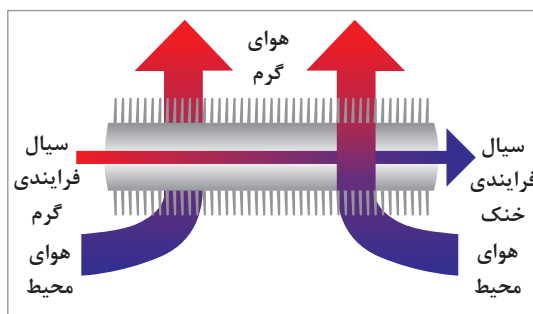
### ب) برج‌های خنک‌کننده روغنی

در این روش، مشکلات ناشی از خوردگی خنک‌کاری با آب (توسط برج خنک‌کننده تر) کمتر دیده می‌شود. در سامانه‌های هیدرولیک، به دلیل اصطکاک روغن هنگام عبور از روی قطعات مختلف، افت انرژی بیشتر می‌گردد. نتیجه این امر، افزایش درجه حرارت روغن در سامانه هیدرولیک است. مخزن روغن و خطوط انتقال، قابلیت دفع بخشی از این حرارت را به محیط دارند. افزایش دمای روغن به بیش از ۵۰ درجه سلسیوس که بالاترین دمای مجاز برای بیشتر سامانه‌های هیدرولیک می‌باشد، باعث ایجاد اکسیداسیون، کاهش گرانبوی و کاهش ضخامت لایه روغن شده و در نهایت منجر به آسیب دیدن آب‌بندها و کاهش عمر قطعات متحرک می‌گردد. در صورتی که دفع کل حرارت ایجاد شده در سامانه 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 نحوه 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 دمنده 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 ۲۵- طرح ساده‌ای از کولر آبی و هوایی



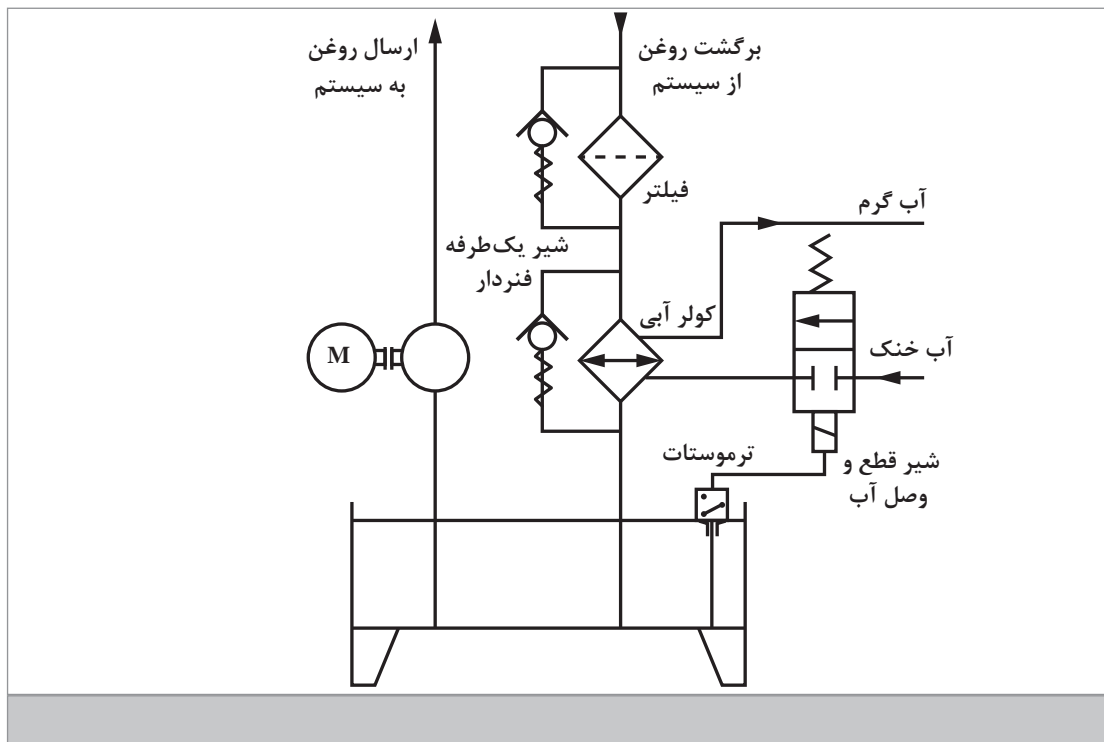
شکل ۲۶- لوله‌های پره‌دار در خنک‌کننده‌های هوایی

کولرهای آبی قابلیت ایجاد حداکثر  $35^{\circ}\text{C}$  اختلاف دما بین روغن و آب را دارند. درحالی که کولرهای هوایی فقط امکان ایجاد  $25^{\circ}\text{C}$  تفاوت دما را دارند. از کولرهای هوایی، زمانی استفاده می‌شود که استفاده از آب مقرون به صرفه نبوده و یا به راحتی در دسترس نباشد. در جدول ۱ مزایا و معایب این دو نوع کولر با هم مقایسه شده است.

جدول ۱- مقایسه کولر هوایی و آبی

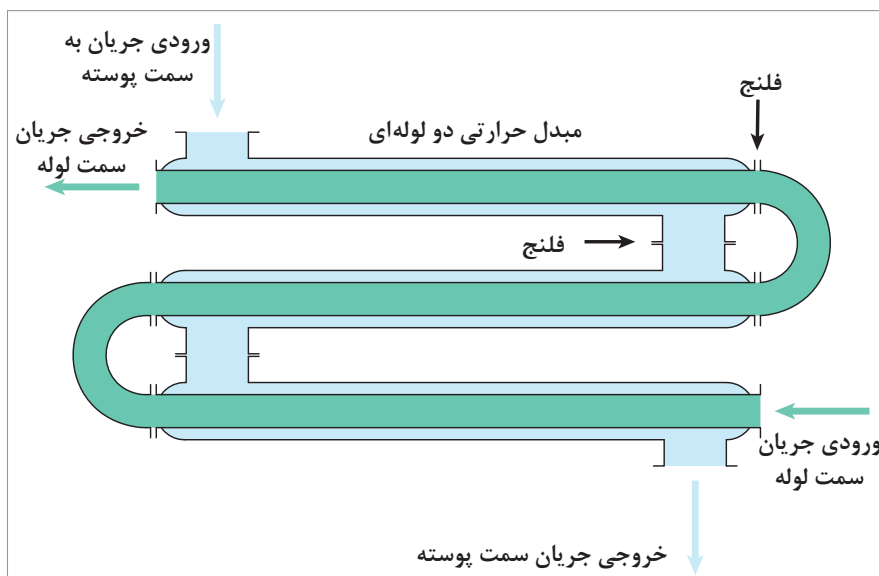
نوع کولر	آبی	هوایی
مزایا	قدرت خنک‌کنندگی بالا و کارکرد آرام	هزینه راه‌اندازی پایین و نصب آسان
معایب	هزینه کارکرد بالا و حساس بودن به آلودگی و خوردگی مواد خنک‌کننده	ایجاد صدا هنگام کار کردن

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



شکل ۲۷- مدار نصب کولر آبی در سامانه هیدرولیک

**مبدل های حرارتی روغنی و غیر روغنی:** در مواردی که مبدل های حرارتی برای خنک کردن روغن روانکاری تجهیزات دوآر (پمپ، کمپرسور، دمنده و مانند آنها) به کار رود، نوع این کار در شرایط بدون خوردگی، بدون رسوب و بدون تغییر فاز (بدون بخار شدن روغن) انجام می گردد. مبدل های حرارتی را می توان به شکل دو لوله متداخل ساخت که آن را مبدل حرارتی دو لوله ای<sup>۱</sup> می نامند. در شکل ۲۸ نمای بیرونی و درونی مبدل های دو لوله ای و در شکل ۲۹ مبدل پوسته و لوله و در شکل ۳۰ نقش بافل ها مشخص شده است.



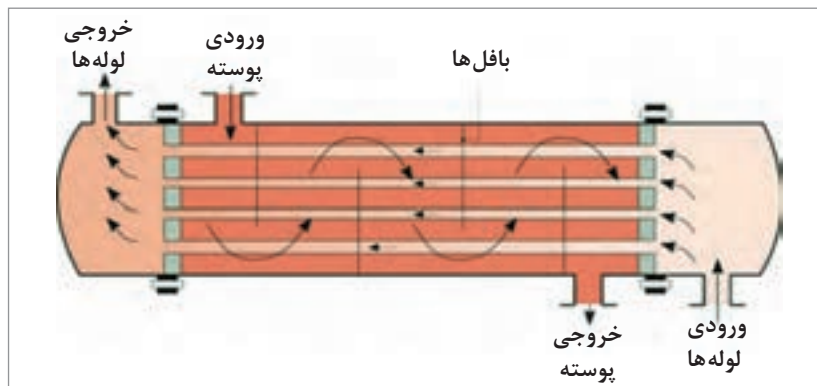
شکل ۲۸- مبدل حرارتی دو لوله ای (نمای داخلی و بیرونی)

اما در کاربردهای صنعتی معمولاً از نوع مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله<sup>۱</sup> استفاده می‌شود (شکل ۲۹).



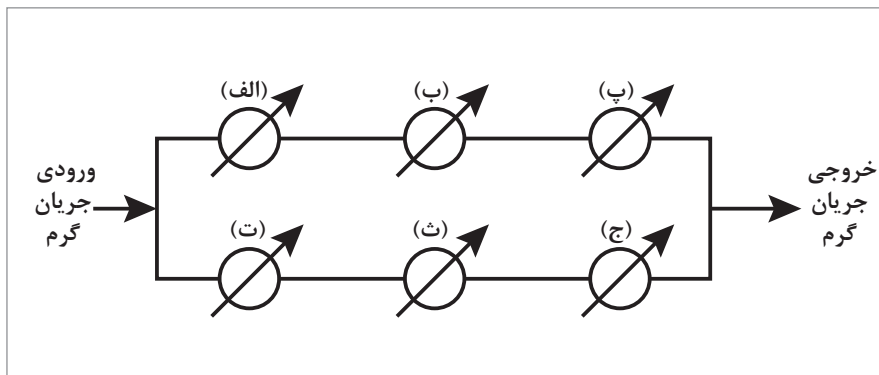
شکل ۲۹- مبدل حرارتی پوسته و لوله (نماهای بیرونی و داخلی)

در طول فضای داخلی پوسته، صفحات 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).



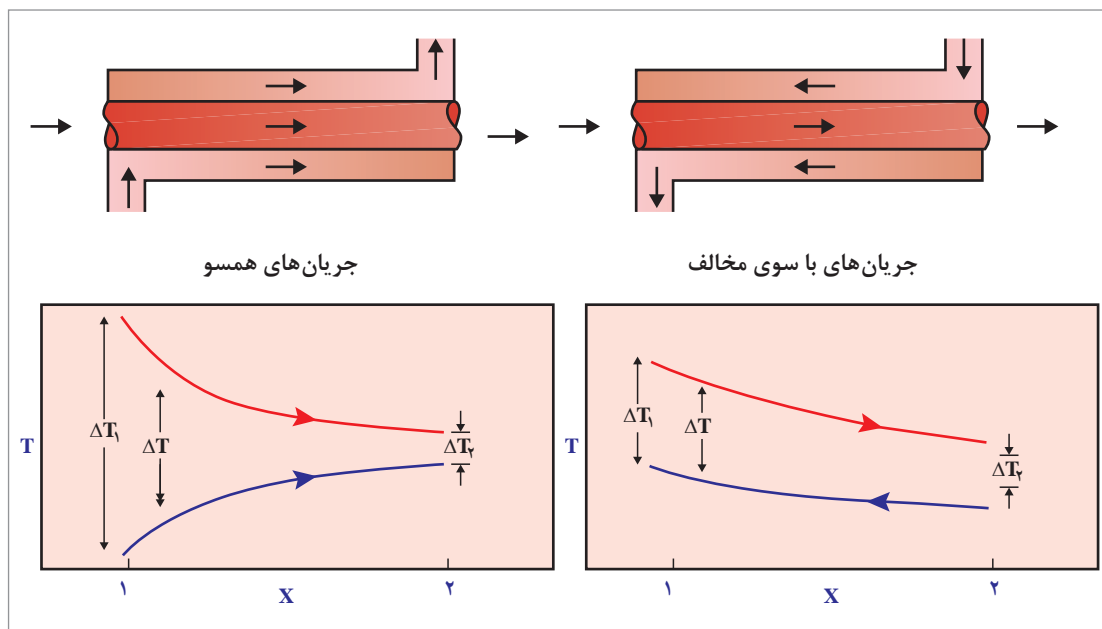
شکل ۳۰- نقش بافل‌ها در مبدل حرارتی پوسته و لوله

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



شکل ۳۱- کاربرد ترکیبی متوالی و موازی خنک کننده‌ها

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. به طوری که در صورت طراحی مناسب، دمای نهایی جریان گرم خروجی، می‌تواند از دمای نهایی جریان سرد خروجی نیز کمتر باشد. در حالی که 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



شکل ۳۲- نمودار مبدل‌های جریان همسو و مخالف

## بودمان پنجم: خنک کاری تجهیزات

در بعضی از موارد که دما و دیگر شرایط جریان گرم مناسب باشد، از هوا نیز می توان به جای جریان سرد استفاده کرد. به این خنک کننده، خنک کننده هوایی<sup>۱</sup> می گویند. در این تجهیز، جریان گرم از درون لوله های افقی حرکت می کند و هوای سرد هم از پایین به بالا جریان می یابد. این کار را می توان هم با پروانه مکنده و هم با پروانه دمنده انجام داد. در شکل ۳۳ دو نوع خنک کننده هوایی نشان داده شده است.



شکل ۳۳- انواع خنک کننده هوایی

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

پرسش



خنک کاری هوای یک سالن توسط کولر گازی به چه صورتی انجام می شود؟

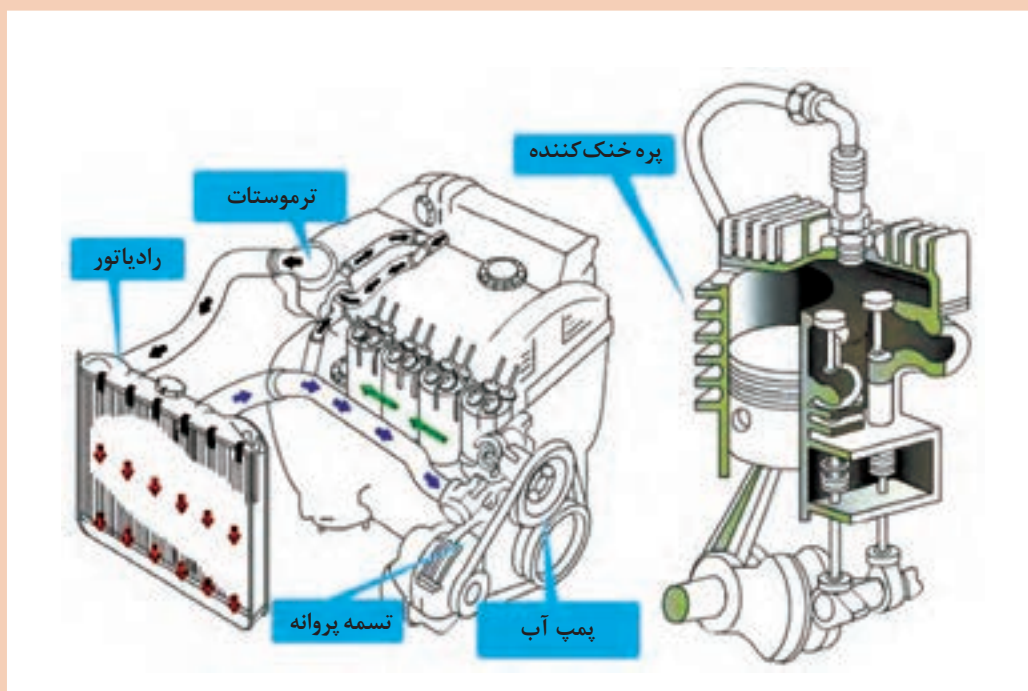
تحقیق کنید







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



روغن عامل حیاتی موتور خودرو بوده و همانند خون در سامانه 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 بازده بالایی برای تبدیل انرژی شیمیایی به توان مکانیکی ندارند. بیشترین میزان انرژی موجود در بنزین به گرما تبدیل می‌شود و مهم‌ترین وظیفه سامانه خنک کاری 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 محفظه احتراق، با تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی مکانیکی، توسط مجموعه سیلندر و پیستون تولید می‌شود. این احتراق موجب افزایش دمای بسیار زیاد سطوح محفظه احتراق می‌شود تا جایی که دمای شعله آن می‌تواند به حدود ۲۰۰۰ درجه 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 سامانه خنک کاری مناسب می‌باشد. در واقع خنک کاری در موتور خودرو به دو علت زیر صورت می‌گیرد:

۱ نکه داشتن دمای اجزای موتور در دمایی که روغنکاری مؤثر، در آن ممکن باشد.

۲ نکه داشتن دمای اجزای مختلف موتور در یک محدوده خاص، به طوری که به سلامت قطعات موتور صدمه نزنند.

### انواع سامانه‌های خنک کاری خودرو

انواع سامانه‌های خنک کاری خودرو به دو دسته مستقیم و غیرمستقیم تقسیم بندی می‌شوند. در سامانه خنک کننده مستقیم، کلیه دستگاه‌ها، با هوا خنک می‌شوند ولی در سامانه خنک کننده غیر مستقیم، کلیه دستگاه‌ها رادیاتور دارند و با استفاده از آب رادیاتور خنک می‌شوند. در ادامه به توضیح این دو نوع سامانه پرداخته می‌شود.

### سامانه خنک کاری 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.

### سامانه خنک کاری با هوا

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

سامانه خنک کننده خودرو از اجزای رادیاتور، لوله ناقل سیال خنک کننده<sup>۱</sup>، پمپ آب و فن یا پروانه تشکیل شده است.

عامل‌های خنک کننده در خودروها به دو دسته اصلی<sup>۲</sup> و ثانویه<sup>۳</sup> تقسیم بندی می‌شوند. در سامانه خنک کننده اصلی، آب به عنوان مایع خنک کننده، سامانه موتور را از طریق هوا خنک می‌کند. ولی در سامانه خنک کننده ثانویه، روغن این نقش را برعهده دارد. گرچه بیشتر مردم فکر می‌کنند که نقش روغن موتور، روان کنندگی است، و کمتر به نقش خنک کنندگی روغن موتور توجه می‌نمایند.

۱- Coolant

۲- Primary Cooling System

۳- Secondary Cooling System

## مایعات خنک‌کننده موتور خودرو



با شروع فصل زمستان و در مناطق سردسیر، یکی از کالاهایی که مورد تقاضای دارندگان خودرو قرار می‌گیرد، مایعات خنک‌کننده موتور است که در بازار اصطلاحاً 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 پایین‌آورنده نقطه انجماد مایعات خنک‌کننده موتور خودرو به کار می‌رود. ضدیخ همچنین به عنوان افزایش‌دهنده نقطه جوش آب در سامانه خنک‌کننده موتورهای درون سوز به کار می‌رود. مخلوط ۴۰ تا ۷۰ درصد آن در چهار فصل سال مناسب است. براساس استانداردهای بین‌المللی و ملی ایران انواع مایعات خنک‌کننده موتور را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

- ۱ مایعات خالص بر پایه اتیلن گلیکول؛
- ۲ مایعات خالص بر پایه پروپیلن گلیکول؛
- ۳ مایعات از پیش رقیق شده، آماده برای مصرف بر پایه اتیلن گلیکول (۵۰ درصد حجمی)؛
- ۴ مایعات از پیش رقیق شده، آماده برای مصرف بر پایه پروپیلن گلیکول (۵۰ درصد حجمی).

### خواص مایعات خنک‌کننده مناسب موتور خودرو

مایع خنک‌کننده موتور خودرو باید خواص زیر را داشته باشد:

- ۱ از نظر شیمیایی و کارکرد، پایداری کافی داشته باشد.
- ۲ از نقطه جوش بالایی برخوردار بوده و در درجه بالا، تولید رسوب نکند.
- ۳ حرارت را به خوبی منتقل کرده و هیچ‌گونه اثر نامساعدی روی تبادلات حرارتی در سامانه خنک‌کننده نداشته باشد.
- ۴ اثر سمی 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 سامانه خنک‌کننده داشته باشد.
- ۹ ضدیخ نیز باید قادر به پایین آوردن نقطه انجماد آب تا کمترین دمای ممکن در فصل زمستان باشد.

برخلاف عقیده بعضی از افراد، با قرار دادن ضدیخ در فریزر نمی توان به کیفیت و مرغوبیت آن پی برد، زیرا از این طریق فقط خاصیت ممانعت از انجماد ضدیخ سنجیده می شود و وجود مواد افزودنی بازدارنده خوردگی در آن مشخص نمی شود. همچنین نمی توان دریافت که سیال اصلی ضدیخ، از نوع گلیکول های مرغوب است یا از موادی مثل متانول، که سمی و آتش گیر هستند.



حال این پرسش مطرح است که ضدیخ مناسب بر چه اساسی انتخاب می شود؟ بهترین معیار برای انتخاب ضدیخ خودرو و یا موتورهای متحرک که در آنها ضدیخ به عنوان خنک کننده استفاده می شود، توصیه شرکت سازنده 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، می توان آن را بر اساس جدول اختلاط مشخص شده بر روی برجسب ظرف (که یکی از الزامات نشانه گذاری این فرآورده است)، با آب رقیق کرد.

چنانچه از انواع ضدیخ های از پیش رقیق شده آماده برای مصرف، استفاده می شود، نباید آن را مجدداً با آب رقیق کرد.



برخی از مصرف کنندگان تصور می کنند با افزودن مقدار بیشتر ضدیخ می توان به نقطه انجماد پایین تری رسید. این تصور نیز اشتباه است و غلظت های بیشتر از ۶۸ درصد حجمی ضدیخ در آب توصیه نمی شود. زیرا در غلظت ۶۸ درصد حجمی (ضدیخ: ۶۸ و آب: ۳۲) مخلوط، پایین ترین نقطه انجماد را خواهد داشت.

### توصیه هایی در مورد پرکردن سامانه خنک کننده و سرویس ضروری آن

- ۱ قبل از تعویض و استفاده از محلول جدید ضدیخ، مسیر و مجاری سامانه خنک کننده باید با آب کاملاً شست و شو داده شود. به طور کلی قبل از پرکردن سامانه خنک کننده، سامانه باید بازرسی و در صورت نیاز سرویس شود.
- ۲ هنگامی که موتور داغ است، هرگز در پوش رادیاتور را برندارید، زیرا سامانه خنک کننده تحت فشار است. پس از اینکه موتور سرد شد، درپوش را با احتیاط به اندازه یک دور باز کنید تا بخار سامانه به تدریج تخلیه شود و سپس آن را بردارید. چنانچه در این هنگام مایع خنک کننده سرریز شد، بلافاصله درپوش را محکم کرده و پس از اینکه سامانه خنک کننده 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 سامانه خنک کننده اضافه کرد.
- ۴ برای تهیه محلول ضدیخ، از آب با سختی کم (آب لوله کشی شهری یا آبی که املاح آن کم است)، استفاده شود.
- ۵ وضعیت و سطح مایع خنک کننده موتور کنترل شود.
- ۶ شیلنگ ها و بست های آن بررسی شود.

۷ در صورتی که 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 اندازه موتور خودرو مطلوب نمی‌باشد زیرا باعث کاهش بازدهی حرارتی و در نتیجه افزایش مصرف سوخت می‌شود.



فعالیت  
عملی ۴



**تهیه مایع خنک‌کننده**  
مواد لازم  
اتیلن گلیکول خالص و آب.

**روش کار**

- ۱ نقطه انجماد آب را در شرایط کارگاه اندازه‌گیری نمایید.
- ۲ نقطه 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 نقطه انجماد محلول‌های حاصله را در شرایط کارگاه اندازه‌گیری نمایید.

نسبت آب به اتیلن گلیکول	۰ به ۱	۱ به ۱	۲ به ۱	۳ به ۱
درصد اتیلن گلیکول در آب	۱۰۰	۵۰	۳۳	۲۵
نقطه انجماد (°C)				

از مقایسه نقطه انجماد محلول‌های مختلف، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



### مقایسه مایع خنک کننده ساخته شده با مایع خنک کننده صنعتی

یک نمونه ضدیخ صنعتی خریداری کنید. همانند روش کار فعالیت عملی ۴، عمل نمایید ولی به جای اتیلن گلیکول از ضدیخ خریداری شده استفاده کنید. جدول زیر کامل کنید.

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

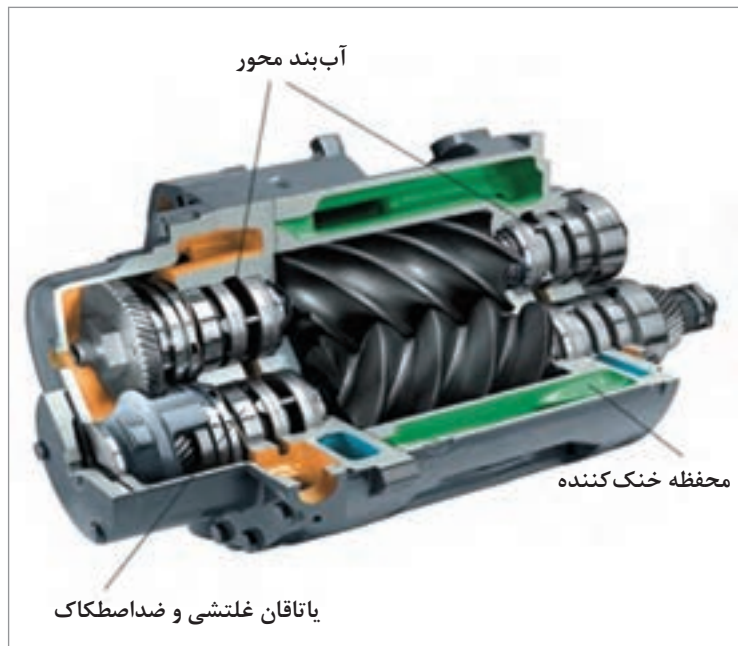
نتایج جدول فعالیت‌های ۴ و ۵ را با یکدیگر مقایسه کنید. از نظر میزان خنک‌کنندگی، مایع خنک‌کننده تولید شما مناسب‌تر است یا ضدیخ خریداری شده؟ جدول زیر برای اطلاعات بیشتر شما آورده شده است.

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
نقطه انجماد °C	-۱۸	-۳۴	-۱۴	-۱۰
نقطه جوش (°C)	۱۷۰	۱۰۸	۱۰۵	۱۰۳

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

### سامانه خنک کننده کمپرسور

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



شکل ۳۴- برشی از کمپرسور

روغنی که برای روغن کاری به گردش در می آید، وسیله خوبی برای جذب و دفع گرما است؛ به همین جهت در بعضی از کمپرسورها، خنک کننده مخصوصی برای روغن به کار می رود و در بعضی از کمپرسورها سطح خارجی را پره دار می سازند 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 می شود. در بعضی دیگر نیز عملیات خنک کاری کمپرسور با استفاده از آب، انجام می شود.

نکته ایمنی



در عملیات خنک کاری به خصوص در هنگام راه اندازی کمپرسور و بالاخص در فصل سرد، هرگز نباید دمای سیلندر را پایین تر از نقطه میعان گاز خنک نمود. این عمل باعث مایع شدن قسمتی از گاز در داخل سیلندر می شود و حرکت گاز مایع شده در درون سیلندر، باعث خراب شدن شیرهای ورودی و خروجی و همچنین شسته شدن لایه روغنی می شود که برای روانکاری به داخل سیلندر تزریق شده است، و باعث افزایش اصطکاک و خرابی زودرس رینگها و گرم شدن گاز داخل کمپرسور می شود.

### بازرسی سامانه خنک کننده کمپرسور

در بازرسی از سامانه خنک کننده کمپرسور نکات زیر باید مورد توجه قرار داده شوند:

- ۱ پس از هر بار تعمیرات اساسی و قبل از راه اندازی کمپرسور، کلیه سامانه های خنک کننده خوب شسته شوند و رسوبات و مواد زاید دفع گردند.
- ۲ کلیه مسیرها و قسمت های سامانه های خنک کننده باید به طور کلی هواگیری شوند.

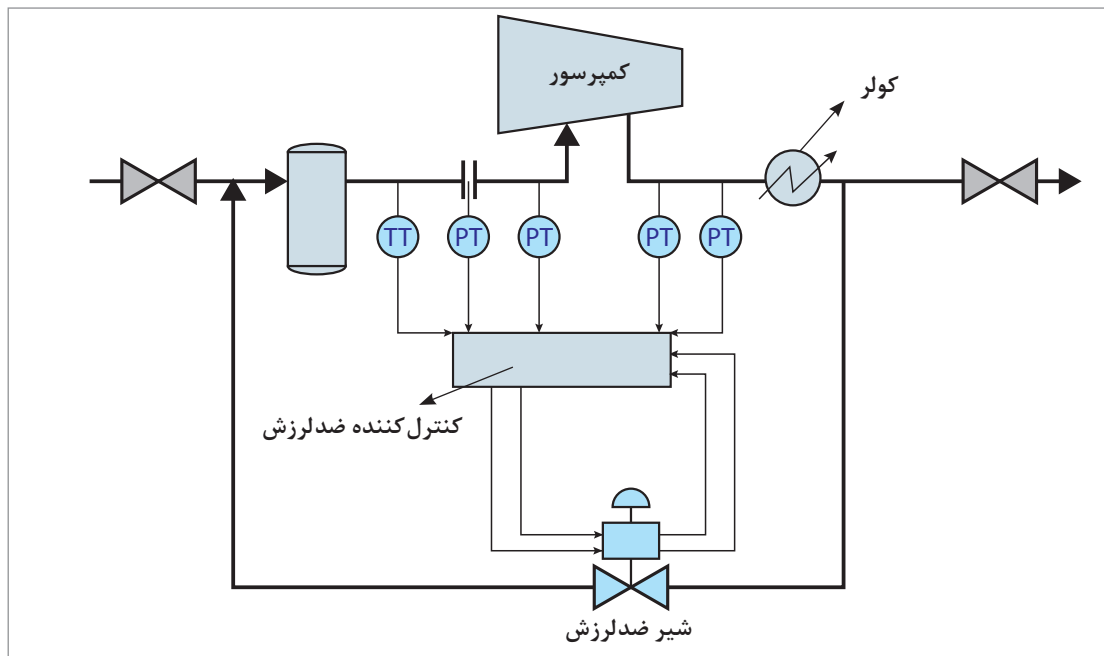
- ۳ جریان مایع خنک کننده باید به گونه‌ای باشد که بیشترین اختلاف درجه حرارت بین مایع خنک کننده و جاهایی که خنک کاری می‌شوند، وجود داشته باشد (حدود ده تا بیست درجه فارنهایت).
- ۴ تمیزی و جریان داشتن آب ورودی باید مرتباً کنترل شود.

### ایمنی سامانه خنک کننده

در مبدل‌های حرارتی، در صورتی که جریان از یک مقدار معین کمتر شود، میزان دما افزایش یافته و با توجه به ابزار دقیق موجود در فرایند، سامانه 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<sup>۱</sup>) و احتمال خرابی کمپرسور قوت می‌گیرد. در این شرایط، سامانه ضد لرزش (آنتی سرج<sup>۲</sup>) فعال می‌شود و مسیر فرعی جریان باز می‌شود و ایمنی فرایند مجدداً حاکم می‌گردد (شکل ۳۵).

همچنین در حالتی که رسوبات، موجب گرفتگی مسیرهای جریان سیالات خنک کننده شود، می‌توان مسیرها را معکوس نمود تا شدت جریان معکوس، باعث باز شدن آنها گردد. به این کار معکوس کردن جریان آب خنک کننده (بک فلش<sup>۳</sup>) می‌گویند. برای سهولت ایجاد جریان معکوس، به ویژه در واحدهایی که تعداد خنک کننده‌های بیشتری دارند، از یک شیر چهارراهه استفاده شده و جریان‌ها به راحتی معکوس می‌شوند.



شکل ۳۵- سامانه ضد لرزش در مدار کاری کمپرسورها

- ۱- Surge  
۲- Antisurge  
۳- Back Flash



فیلم



کم شدن جریان در کمپرسورها و پدیده 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.

پرسش‌های  
پایانی



- 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 خنک‌کننده 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 به چه دلایلی انجام می‌شود؟
- ۱۰ خنک‌کاری کمپرسورها به چه روش‌هایی انجام می‌شود؟
- ۱۱ انواع خنک‌کننده‌های روغن را نام ببرید.

## ارزشیابی شایستگی خنک کاری تجهیزات

<p><b>شرح کار:</b>  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.</p>																											
<p><b>استاندارد عملکرد:</b> انجام عملیات رسوب زدایی از دستگاه، مطابق دستور کار تعمیراتی، در شرایط ایمن کاری، و بدون صدمه دیدن بدنه دستگاه و ابزار آلات کار  <b>شاخص ها:</b>  - رعایت مسائل ایمنی در حین کار - انجام کار طبق دستورالعمل</p>																											
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>  <b>شرایط مکان:</b> کارگاه مجهز و ایمن  <b>شرایط دستگاه:</b> سرویس شده و سالم  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> وسایل ایمنی شخصی و ابزار و تجهیزات کارگاهی</p>																											
<p><b>معیار شایستگی:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>تهیه چند نمونه مایع خنک کننده</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>توانایی کار با تجهیزات خنک کاری</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>کار با سامانه های خنک کاری به طور ایمن</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b>                      ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی                      ۲- نگرش: صرفه جویی در آب مصرفی مبدل ها                      ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش                      ۴- شایستگی های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کار بست ریاضی                      ۴- مستندسازی: گزارش نویسی دقیق و صحیح                 </td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>میانگین نمرات</b> </td> <td></td> <td>*</td> </tr> </tbody> </table> <p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.</p>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	تهیه چند نمونه مایع خنک کننده	۱		۲	توانایی کار با تجهیزات خنک کاری	۲		۳	کار با سامانه های خنک کاری به طور ایمن	۱		<b>شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b> ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه جویی در آب مصرفی مبدل ها ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کار بست ریاضی ۴- مستندسازی: گزارش نویسی دقیق و صحیح		۲		<b>میانگین نمرات</b>			*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																								
۱	تهیه چند نمونه مایع خنک کننده	۱																									
۲	توانایی کار با تجهیزات خنک کاری	۲																									
۳	کار با سامانه های خنک کاری به طور ایمن	۱																									
<b>شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b> ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه جویی در آب مصرفی مبدل ها ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کار بست ریاضی ۴- مستندسازی: گزارش نویسی دقیق و صحیح		۲																									
<b>میانگین نمرات</b>			*																								

- ۱ ابراهیمی، قنبر، مهندسی برج‌های خنک‌کننده (تر)، ۱۳۷۹، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران
- ۲ الیوگنر، ال، ترکی، محمود، راهنمای عملی روانکاری ماشین آلات، ۱۳۸۴ انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت
- ۳ بایرن، وس، خاکساری، مجید، تئوری اسمز معکوس، ۱۳۸۳، شرکت ملی صنایع پتروشیمی
- ۴ تریبال، رابرت، جاودانی، کامبیز، عملیات انتقال جرم، ۱۳۶۲، چاپخانه دانشگاه صنعتی شریف
- ۵ چنگیزی، عالیه، شناسایی برخی زیست توده‌های موجود در برج خنک کن و راه مقابله با آنها، [ganj.irandoc.ac.ir/articles/download\\_sparse/739850](http://ganj.irandoc.ac.ir/articles/download_sparse/739850)
- ۶ چوبانوگلو، جورج، ابریشمچی، احمد، عباس افشار، بهشید جمشید، مهندسی فاضلاب، ۱۳۷۴، مرکز نشر دانشگاهی
- ۷ ساعتچی، احمد، مهندسی خوردگی، ۱۳۶۵، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۸ صدراپی، ساسان، فرایندهای شیمیایی، ۱۳۹۵، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- ۹ صدراپی، ساسان، کارگاه فرایندهای شیمیایی، ۱۳۹۵، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- ۱۰ کنشلو، طیبه و همکاران، سند استاندارد شایستگی حرفه صنایع شیمیایی، ۱۳۹۲، ناشر سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی - دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۱۱ کنشلو، طیبه و همکاران، سند استاندارد ارزشیابی صنایع شیمیایی، ۱۳۹۳، ناشر سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی - دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۱۲ کنشلو، طیبه و همکاران، سند راهنمای برنامه درسی رشته صنایع شیمیایی، ۱۳۹۴، ناشر سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی - دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۱۳ کنشلو، طیبه و همکاران، سند راهنمای برنامه درسی درس سرویس و نگهداری تجهیزات صنایع شیمیایی، ۱۳۹۴، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۱۴ گشایشی، حمیدرضا، برج‌های خنک‌کننده، ۱۳۸۷، چاپخانه شاهین، سخن گستر ملک‌زاده، کرامت، شهبازی کرمی، جواد، اصول طراحی یاتاقان و تئوری روغن کاری، ۱۳۸۱، امید انقلاب
- ۱۵ نیک‌آذر، منوچهر، مبانی کنترل فرایند در مهندسی شیمی، ۱۳۹۵، دانشگاه صنعتی امیرکبیر مرکز نشر دی
- ۱۶ ویسلند، آرن، مرتضوی، سیدباقر، مبانی مهندسی محیط‌زیست، ۱۳۸۰، شرکت ملی صنایع پتروشیمی
- ۱۷ یاری، مرتضی، قنواتی، مهرداد، مرجع شیرهای کنترل، ۱۳۸۳، انتشارات شرکت ملی صنایع پتروشیمی
- ۱۸ طالقانی، محمد، کاروان، فاطمه؛ (۱۳۸۲). از نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تا نگهداری و تعمیرات بهره‌ور. رشت: انتشارات عالی.
- ۱۹ لوتکنز، گونتر؛ ویلسون، نورمن، (۱۹۹۵). خطرات الکتریسیته ساکن. ترجمه: همایون لاهیجانیان (۱۳۸۴). تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.

- 
- ۲۰ ابراهیمی، حمید؛ فیلی زاده، محمدرضا (۱۳۸۹). مقدمه‌ای بر مراقبت وضعیت و کاربرد و مراحل اجرائی آن در صنعت.
- ۲۱ پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور ( دانشگاه شهید بهشتی). نقش نگهداری و تعمیرات در کاهش هزینه تولید. نگهداری و تعمیرات یک پارچه.
- ۲۲ جعفری نصر، محمدرضا، (۱۳۸۹). رسوب گذاری در مبدل‌های حرارتی. تهران: پژوهشگاه صنعت نفت.
- ۲۳ Bloch, Heinz P., John. J, Reciprocating Compressors, 1996, Gulf Publishing Company
- ۲۴ Bloch, Heinz P., Geitner, F.K, Major Process Equipment Maintenance and Repairs, 1997, Gulf Publishing Company
- ۲۵ Brennen, Christopher Earls, Hydrodynamics of Pumps, 1994, Cambridge University Press
- ۲۶ Crowl, Daniel A., Louvar, Joseph F., Chemical Process Safety: Fundamentals with Application, 1990, Prentice Hall
- ۲۷ Dean, Angela, Voss, Daniel, Draguljić, Danel, Design and Analysis of Experiments, 1999, Springer
- ۲۸ Hensley, John C., Cooling Tower Fundamentals, 2009, SPX, Cooling Technologies
- ۲۹ Holman, J.P., Heat transfer, ۱۹۹۸, McGraw-Hill; ۶th edition
- ۳۰ McCabe, Warren L., C.Smith, Julian, Harriott, Peter, Unit Operation of Chemical Engineering, 1985
- ۳۱ McCabe, Warren L., Smith, Julian C., Harriott, Peter, Unit Operation of Chemical Engineering, 1985
- ۳۲ 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 سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره 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 دبیرخانه رهبری 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 ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

#### کتاب سرویس و نگهداری تجهیزات در صنایع شیمیایی - 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	نسرين اسلامي	کرمان	۱۳	مصطفی مرادی	زنجان
۵	شکراله شمسی	مرکزی	۱۴	عبدالحمید اربابی	سیستان و بلوچستان
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			