تشریح فرایند برجهای خنک کننده

ایمان الیاسیان-کارشناس ارشد سازه مدرس دانشگاه آزاد اسلامی لنجان و

موسسه آموزش عالی دانش پژوهان Iman.elyasian@gmail.com

خلاصه

برج های خنک کننده (cooling tower) از بخشهای مهم وحیاتی واحدهای صنعتی محسوب میگردد. وظیفه این تجهیزات خنک کردن آبی است که بخاطر حرارت تولید شده از تجهیزات واحدهای صنعتی (نیروگاه ها،پالایشگاه ها،پتروشمی ها و ...) گرم شده،فرایند خنک کردن این آب پیچیده و حساس می باشد و همجنین برای هر واحد با توجه به حجم خنک کاری باید از انواع مختلف برج های خنک کننده استفاده کرد.

مقدمه

آب برای سرد سازی و خنک نمودن تجهیزات در فرآیند مورد استفاده قرار می گیرد اماچگونه ودر چه دستگاهی این آب خنک می گردد ؟ این عملیات در برج های خنک کننده که در ادامه به شرح کام آنها خواهیم پرداخت انجام می شود.یک سیستم خنک کننده آب, به طور کلی شامل قسمت های متفاوتی می باشد, که اجزا و نحوه عملکرد آن رتدرتدتمه می خوانیم.

۱- **حوضچه** : محل جمع آوری آب خنک, ۲- **حوضچه مکش** : محل جمع آوری و ذخیره سازی آب موردنیاز جهت مکش پمپ ها, ۳- **پمپ های گردش آب در سیستم**: این پمپ ها وظیفه تأمین انرژ ی لازم جهت ارسال آب خنک کننده به واحدهای مصرف کننده و برگشت آب گرم به سمت برج خنک کننده را بر عهده دارند ,۴- **سیستم تزریق مواد شیمیایی** : این سیستم شامل تانک های ذخیره مواد و پمپ های نزدیکی محل نگهداری و تزریق موادشیمیایی که طبق برنامه زمان بندی مشخص جهت اصلاح شیمیایی آب به برج تزریق می شود, ۵- **سیستم فیلتراسیون** : جداسازی ذرات جامد و مواد خارجی آب

۶- **مصرف کننده های آب خنک** : سایر تجهیزات فرآیندی مثل مبدل ها و..... که از آب خنک کننده استفاده می کنند.

انواع برجهای خنک کن (از دید سازه ای)

- فلزی
- بتنی

روش اجرای برج خنک کننده بتنی

- روش سنتی
- روش قالب لغزان

انواع برجهای خنک کن (از دید عملکردی)

برج خنک کننده تر، برج حنک کننده خشک

انواع برجهای خنک کن (از نظر ایجاد جریان هوا)

برج خنک کننده طبیعی و برج خنک کننده مکانیکی

آنلیزهایی که در اجزای محدود روی برجهای خنک کننده انجام می شود

۱- استاتیکی ۲- دینامیکی ۳-آنالیز کمانش

نیروهای وارد بر سازه برج خنک کننده

۱- بار مرده وزن پوسته ۲- اثر نیروی باد بر سازه در حال ساخت ۳- اثر نیروی باد برسازه تکمیل شده

۴-اثر نیروی برف ۵-نیروی بار برف ۶- تغییر درجه حرارت داخلی و خارجی در حین بهره برداری ۷- زازله۸- نشست پی

انواع کمانش

۱- کمانش کل سازه ۲-کمانش شعاعی ۳-کمانش موضعی

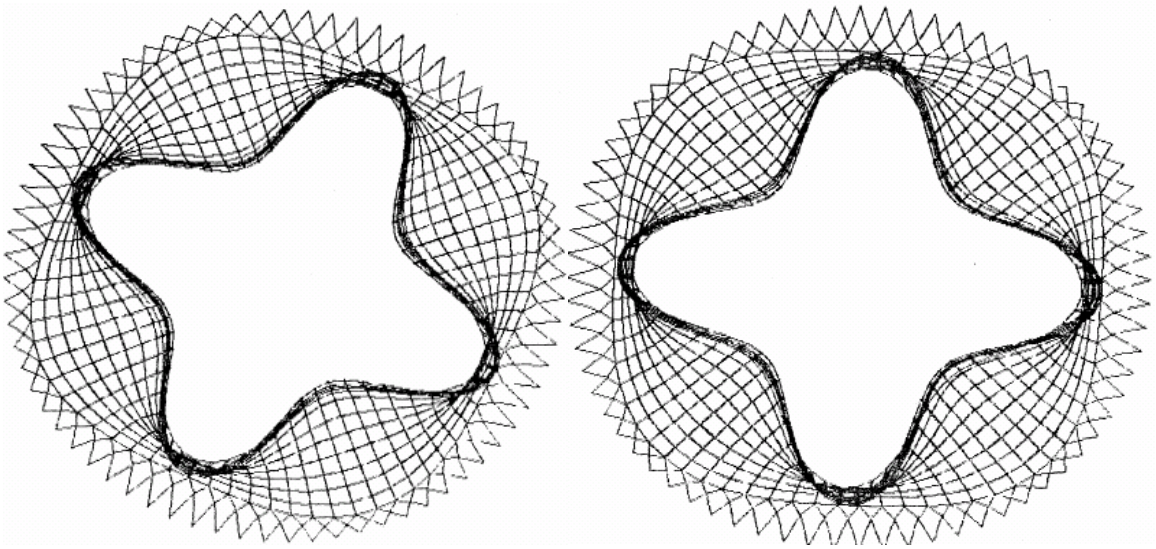
کمانش موضعی ناشی از عوامل زیر می باشد

۱-ناپایداری پوشته برج در اثر بار قائم ۲- ناپایداری پوسته برج در اثر فشار بارخارجی و مکش داخلی

۳-ناپایداری پوشته برج با توجه به نقصهای ساخت ۴-ناپایداری شبکه ستونهای نگهدارنده

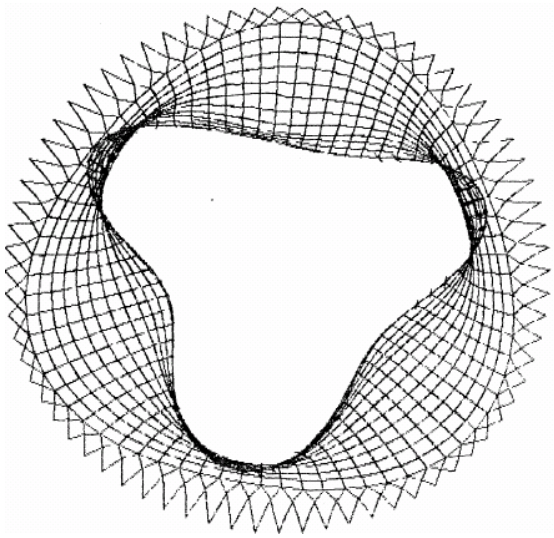
روشهای تحلیل دینامیکی سازخ چند درجه آزادی

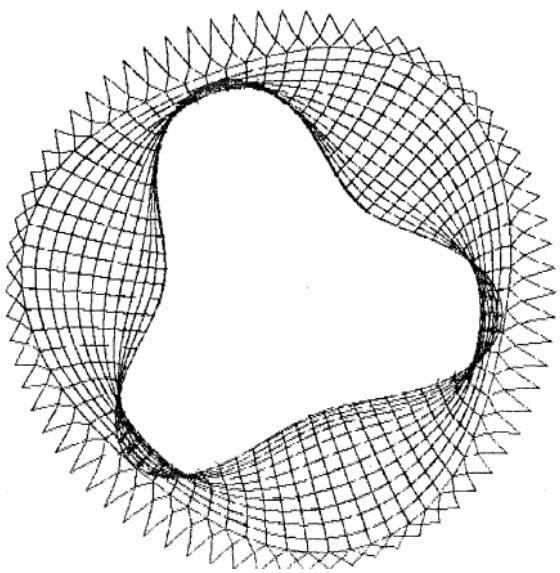
۱-روش گام به گام ۲- روش تواتری ۳-روش آنلیز مودال



مود اول آنالیز مودال

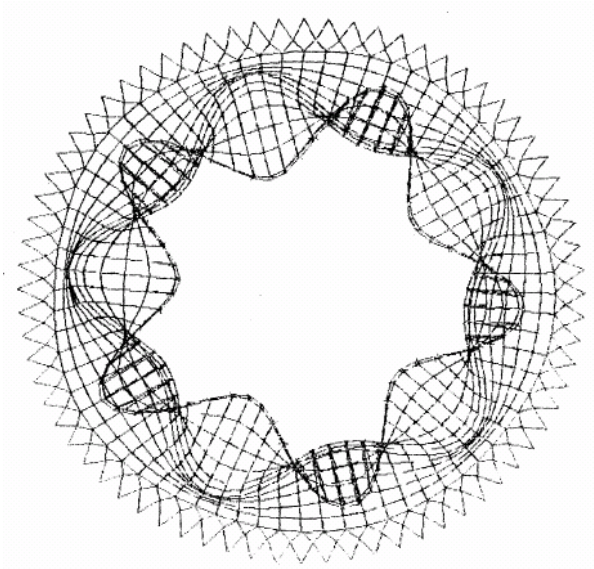
مود دوم





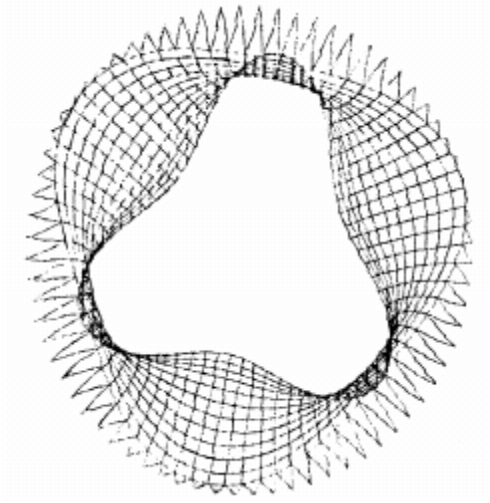
مود چهارم

مود سوم

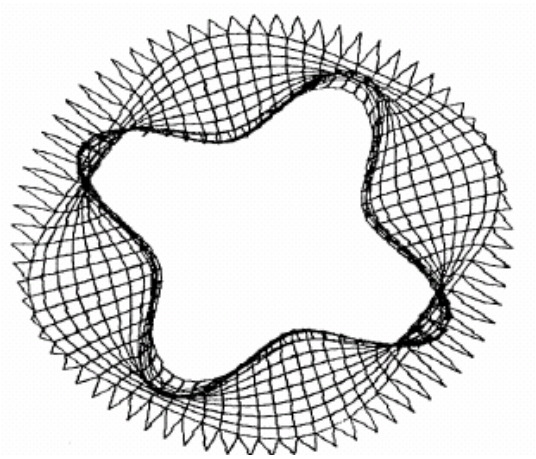


مود پنجم

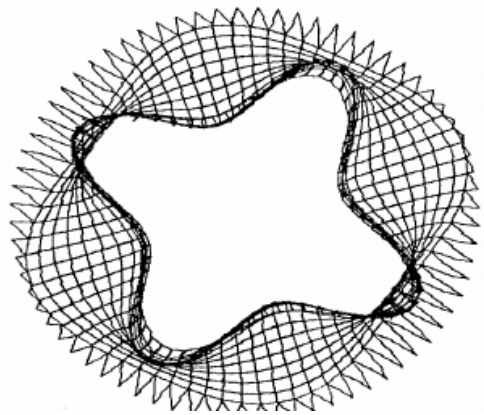
پایه های X شکل



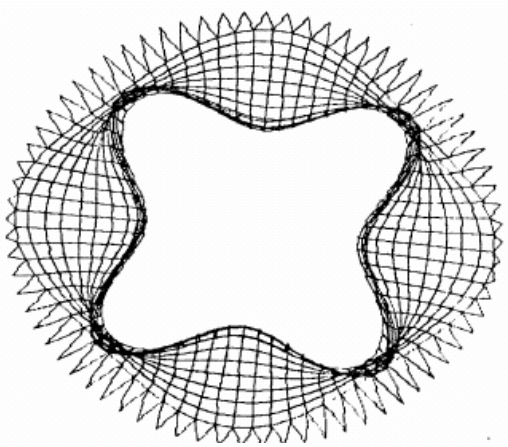
مود اول آنالیز مودال



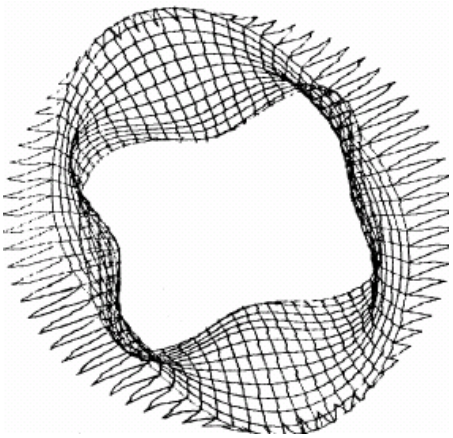
مود دوم



مودسوم



مود چهارم



مود پنجم -پایه های Mشکل

تحلیل بر اساس تئوری خمشی پوسته و ستونها در محدوده الاستیک و تئوری غشایی پوسته ها ی نازک با اعمال شرایط مرزی و اثر متقابل ستونها و پایه روی پوسته انجام می شود و آنلیز غیر خطی برای در نظر گرفتن اثر تر ک خوردگی یآ تسلیم آرماتور و اثر ضخامت پوسته بکار می رودو روش جمع اثر مودها به صورت جذر مربعات انجام می شود

قطعات اصلی عبارتند از

۱-بتن مسلح حلقه یا رینگ فونداسیون

۲-بلوکهای بتن مسلح کف و ستونهای ضربدری xو M شکل در گلدانی

۳-بتن مسلح ستونهای ضربدری ۴-بتن مسلح پوسته ۵- بتن مسلح حلقه ضلب کننده بالای پوسته

برای آشنایی با روند اجرای برج خنک کننده به مطالعه گزارش احداث برجهای خنک کننده نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند توسط شرکت توسعه سیلوهای ایران و مشاور مپنا که توسط نگارنده در سایت www.iransaze.com می باشد شما را ارجاع می دهم.

سازه و قطعات فرعی آن عبارتند از

۱-ایستگاه راه پله و پاگردها ۲-پلاتفرمها و راهروها ۳-نردبانها

واکنشهای شیمیایی

ماهیت یک ماده شیمیایی بستگی به نوع ،تعداد وآرایش اتمهای تشکیل دهندهآن ماده دارد ودر صورت وقوع واکنش شیمیایی مواد به مواد جدیدی تبدیل می شوند اغلب برای شروع واکنش شیمیایی ابتد مواد اولیه با هم در تماس قرار می گیرند پس با شکسته شدن پیوندهای موجود بین این مواد و تشکیل پیوند های جدید , محصولات تولید می شوند. به طور کلی واکنش ها را می توان به هفت دسته احتراق, سنتز ,تجزیه , جانشینی یگانه جانشینی متقابل , اسید ، باز و پلیمری طبقه بندی کرد.

- **احتراق**

احتراق (COMBUSTION)این واکنش ترکیب اکسیژن با مواد کربن دار است. محصولات اصلی این واکنش آب , دی اکسید کربن می باشد. در طول این واکنش مقدار زیادی گرما آزاد می شود واکنشهایی که در کوره های صنعتی برای ایجاد حرارت صورت می گیرد نیز از این نوع است.

- **سنتز**

سنتز (SYNTHESIS)سنتز به واکنشی اطلاق می شود که طی آن دو یا چند ماده باهم ترکیب شده و یک ماده جدید را ایجاد می کنند.

- **تجزیه**

تجزیه(DECOMPOSITION) این واکنش عکس سنتز است که در آن یک مو لکول پیچیده به دو یا چند مولکول ساده تر تجزیه می شوند.

- **جانشینی یگانه**

در این واکنش یک جز از یک ماده با یک جز از یک دیگر مبادله می شوند .از این نوع واکنش می توان به واکنش منیزیم با آب اشاره کرد.

- **جانشینی متقابل**

این واکنش و قتی اتفاق می افتد که دو جز از دو ماده مختلف جای خود را با هم عوض کنندو دو ماده با خواص جدید ایجاد شود.

- **اسید و باز**

این واکنش یکی از انواع واکنش های جانشینی متقابل است که بین یک اسید وباز اتفاق می افتد که به تولید آب و نمک می انجامد.

واکنش شیمیایی عبارت است از تشکیل پیوند بین اتمها , شکسته شدن پیوند مولکولها و تشکیل پیوندهای جدید بین اتمها برای ایجاد محصولاتی با خواص جدید و متفاوت با خواص ماده اولیه

A+B C+D

یک از عوامل مهم در انجام واکنش ,تعداد برخورد ها بین مواد واکنشگر است. هر چه برخورد بیشتر باشد احتمال انجام واکنش و تبدیل مواد واکنشگر به محصولات بیشتر می شود.انجام واکنش فقط هنگامی امکان پذیر است که مولکولها با هم برخورد موثر نمایند و ایجاد برخورد بین مولکولها نیازمند انرژی است. حداقل انرژی لازم برای اینکه واکنشگرها در شرایط واکنش قرار بگیرند یا به عبارتی حداقل انرژی لازم برای شروع واکنش , انرژی اکتیواسیون نامیده شود . این میزان انرژی برای واکنشهای مختلف متفاوت است. علاوه بر انرژی , پارامترهایی چون نظریه بر خورد بین مولکول ها نیز در انجام واکنش موثر است. به همین دلیل برخورد هایی که منجربه انجام واکنش می گردد,برخوردهای موثر نامیده می شوند.

پس از انجام برخوردهای موثر ورسیدن واکنشگرها به انرژی اکتیواسیون خود ,مقداری از مواد اولیه به محصول تبدیل می شود . برای بررسی میزان تبدیل مواد اولیه به محصول از درصد تبدیل استفاده می شود. درصد تبدیل عبا رت است از میزان محصولات تولید شده به میزان محصولات اولیه ,هر چه تعداد بر خورد های موثر بیشتر باشد درصد تبدیل بالاتر است. تعداد برخوردهای بیشتر به میزان مواد اولیه ورودی وابسته است .

برای تعیین میزان مواد در ظرف واکنش از پارامتری به نام غلظت استفاده می شود

میزان جرم موجود از یک ماده در واحد حجم را غلظت می نامند. در مواردیکه در محیط واکنش گاز داشته باشیم برای اندازه گیری غلظت از فشار استفاده می کنیم. فشار ظرف واکنش برابر مجموع فشار اجزایی است که در ظرف واکنش موجود است به فشار هر کدام از اجزا فشار جزیی آن ماده می گو یندکه بیانگر غلظت آن جز است. یکی دیگر از پارامترهای موثر برای انجام واکنش انرژی است که این انرژی خودتابعی از دماست گاهی برای کاهش میزان انرژی اکتیواسیون واکنش از کاتالیست استفاده می شود . کاتالیست ماده ی است که منجربه کاهش انرژی اکتیواسیون شده و به طور عملی پس از انجام واکنش بدون تغییر باقی می ماند.زمان واکنش در حضور کاتالیست کوتاهتراست .نکته مهم در مورد کاتالیست اینست که اگر امکان واکنش دوماده وجودنداشته باشد کا تالیست روی این ماده بی تاثیر است. کاتا لیستا عمر مفیدی دارند که بعداز پایان این زمان کارایی خود را از دست داد, و نیاز است که آنها را به نحوی فعال کنیم. این عمل را احیاء کاتالیست می گویند و برای این کار از فرآیند احیاء استفاده می کنند. شرایط مطلوب در یک واکنش این است که سرعت واکنش را بالا ببریم تا در زمان کوتاه بازده بالایی داشته باشیم یا این که سرعت واکنش را برای برخی واکنش های مفید کاهش داده یا متوقف سازیم . واکنش ساده تبدیل Aبه B را در نظر بگیرید ساده ترین رابطه ریاضی که برای سرعت واکنش ارائه می شود به صورت $K.C_A^n$ = سرعت واکنش

است , که در آن Kثابت سرعت واکنش بوده و تابعی از دماست . n درجه واکنش و C_Aبیانگر غلظت جزیA در مخلوط واکنش می باشد . گاهی محیط واکنش فقط مایع ,گاز یا جامد است وگاهی مخلوطی از این سه فاز اگر واکنش فقط در یک فاز انجام شود به آن همگن گویند . در یک واکنش همگن همه واکنشگرها ,محصولات و مواد شیمیایی در یک فاز هستند اگر در محیط حداقل دو فاز موجود باشند ,واکنش را غیر همگن یا نامتجانس گویند. برخی واکنشهای شیمیایی با آزادکردن انرژی همراه هستند.این انرژی می تواند بصورت گرما به نور یا صدا باشد. چنین واکنشهایی را واکنش گرمازا گویند. بعضی دیگر از واکنشها گرماگیرند یعنی برای انجام واکنش نیاز به انرژی داریم,به همین دلیل این واکنشها به طور معمو ل به صورت خود بخودی رخ نمی دهند یکی از مسائل مهمی که در واکنش شیمیایی باید در نظر داشت اختلاط مناسب واکنشگر ها ست به این معنی که اگر تمام شرایط برای واکنش فراهم باشد ولی مولکول هایی که باید باهم واکنش دهند در کنار یکدیگر قرار نگیرند واکنش رخ نمی دهد. به همین منظور در بعضی از موارد برای اینکه توزیع یکنواختی از واکنشگرها در کنار هم بوجود آورند بطریقی مخلوط واکنش را هم می زنند. به این ترتیب علاوه بر اینکه مولکولهای واکنشگرها بدلیل توزیع یکنواخت غلظت در کنار هم قرار گیرند با توزیع یکنواخت دما امکان برخوردهای موثرو درنتیجه وقوع واکنش افزایش می یابد تا اینجادیدیم که در انجام واکنش شیمیایی, عوامل متعددی مثل برخورد اتمها ,دما,فشار,اختلاط ,کاتالیست و..... تأثیردارند. برای فراهم شدن شرایط مطلوب جهت انجام واکنش احتیاج به ظرفی داریم تا واکنش در آن انجام شود که در صنعت به این ظرف راکتور گویند. برای ورود مواد اولیه به راکتور در یک کارخانه شیمیایی دستگاه های زیادی وجود دارند تا شرایط مواد اولیه را برای تولید محصول آماده کندو نیز دستگاه های متعدد دیگری وجود دارند تا محصولات خروجی از راکتورها طی یک مجموعه فرآیند به خلوص مطلوب رسانده وآنرا آماده برای مصرف کنند. در نتیجه تمام دستگاه ها به نوعی با عملکرد راکتور ارتباط مستقیم دارند و می توان بیان کرد که راکتور قلب این مجموعه فرآیندی است و عملکرد درست آن اهمیت زیادی در بازدهی کارخانه دارد و مهمترین دستگاه فرآیند محسوب می شود.

کاربرد آب در صنعت:

یکی از مهمترین کاربردهای آب در صنعت خنک سازی است به عنوان مثال وقتی دستگاهی شبیه موتور و کمپرسور کار می کند بر اثر اصطکاک حرارت زیادی تولید می شود وقسمتی از حرارت ,به داخل جداره سیلندر ,پیستون وسوپاپ ها منتقل می شود که باید این حرارت تولید شده به وسیله ماده ای از آن گرفته شود در موتور های دیزلی این خنک سازی با آب انجام می شود زیرا اگر این حرارت خارج نشود قطعات دچار خستگی و ترک خوردگی زودرس می شوند . در صنایع و واحدهای پتروشیمی نیز بعضی از واکنش ها در داخل راکتور

صورت می گیرد. و تولید حرارت می کند. به منظور کنترل و تثبیت دمای واکنش ,این حرارت تولید شده را بایستی توسط آب از سیستم خارج نمود علاوه بر این ,در بسیاری از تجهیزات فرآیندی مانند مبدل حرارتی برای سرد سازی محصولات , از آب به عنوان میان خنک کننده استفاده می شود.

در تجهیزاتی که از روغن برای سرد کردن ، یا تا قانهای موتور یا توربین و سایر قطعات استفاده می شود.در انتها خنک سازی روغن توسط آب انجام می شود و روغن پس از خنک شدن مجدد در مسیر گردش قرار می گیرد.

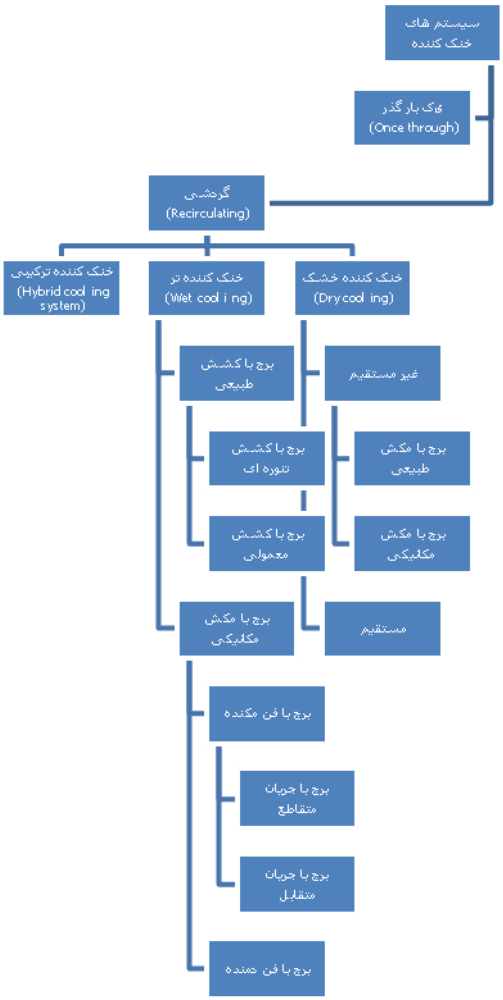
آب درصنعت بصورت وسیعی جهت خنک سازی استفاده می شود . در فرآیند سرد سازی ,به اصطلاح به ماده ای که حرارت از دست می دهد ماده سرد شده یا Cooled وبه آب که حرارت را جذب می کند سرد کننده یا Coolant می گویند. آب یک مایع بی بو و بی رنگ در دمای معمولی محیط است که در مقایسه با سایر مواد برای جوش آمدن و تبخیرشدن احتیاج به میزان حرارت زیادی دارد. به عبارت دیگر می توان گفت که آب قابلیت جذب گرمای بیشتری را دارد وبه همین علت , از آن به عنوان یک سیال مناسب جهت انتقال حرارت می توان استفاده کرد .

مهمترین دلایل استفاده از آب به عنوان Coolant عبارتند از :

۱- فراوانی , ارزانی ودردسترس بودن آب ,۲- قابلیت جابجایی مقادیر بسیار زیاد حرارت در واحد حجم ,۳- عدم انبساط ویا فشردگی در محدوده های دمایی معمول , ۴- مقاومت بالای آن در برابر تجزیه , ۵- راحتی وایمنی آن در حمل ونقل و نگهداری نسبت به سایر موا

آب برای سرد سازی و خنک نمودن تجهیزات در فرآیند مورد استفاده قرار می گیرد اماچگونه ودر چه دستگاهی این آب خنک می گردد ؟ این عملیات در برج های خنک کننده که در ادامه به شرح کام آنها خواهیم پرداخت انجام می شود.

نمای داخل برج خنک کننده



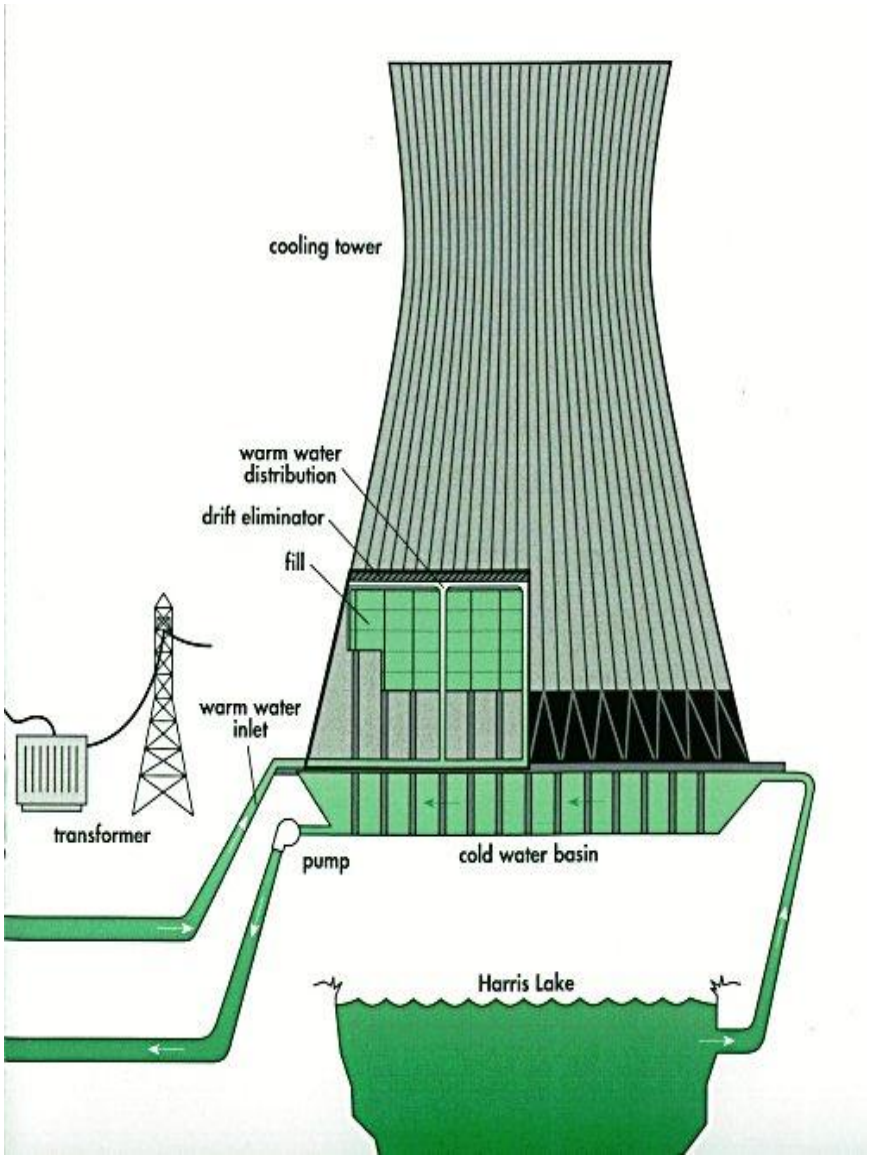
سیتسم خنک کننده یک بارگذر (Once through) :

این گونه از سیستم های خنک کننده برای سرد سازی آب گرم برگشتی در مجتمع های بزرگ مورداستفاده قرار می گیرند که در مجاورت دریا واقع هستند . اساس کار اینگونه از سیستمهای خنک کننده به این صورت است که آب خنک از اعماق دریا از یک طرف و آب گرم خروجی از واحدهای مختلف نیز از سویی دیگر وارد مبدلهای حرارتی شده و با هم تبادل گرما انجام می دهند. آب دریا پس از تعادل حرارت و افزایش دما به طور مجدد به دریا بازگشت داده می شود، بی آنکه عملیاتی بر روی آن صورت گیرد. لذا به این سیستم ها " یک بارگذر" گفته می شود.

بر ج خنک کننده با کشش طبیعی (مکنده)

در این گونه از برج ها جریان هوا به علت اختلاف دانسیته بین هوای گرم خروجی و هوای نسبتا"خنک محیط درون Stack برج ایجاد می گردد. ارتفاع این نوع از برج های خنک کننده به حدود m ۱۵۰ هم می رسد و عموما"برای نیروگاه های برق مورد استفاده قرارمی گیرند. آب گرم ورودی به برج توسط هوا خنک می شود ,آنگاه هوای گرم به علت دانسیته کم به سمت بالا رفته و از stuck خارج شده و جای خود را به هوای سرد می دهد. در مناطقی که رطوبت نسبی بالا و دمای حباب , تر کم بوده و گستردگی خنک سازی مد نظر باشد از این گونه برج ها استفاده می شود . شکل هذلولی این برج ها باعث جریان رو به بالا هوا شده و نیازی به استفاده از فن نیست. برای نیروگاه های برق که بار حرارتی زیادی را دفع می کند ،استفاده می شوند.

در قسمت بالای این برج ها یک دودکش قرار گرفته است (یک stuck بزرگ) آب گرم به و سیله یک سیستم توزیع آب گرم در قسمت بالایی قطره سازها می ریزد. قطره سازها آب را به قطرات ریزتری می شکند تا امکان تماس هر چه بیشتر آب با هوا فراهم گردد. مقداری از حرارت آب به هوای ورودی منتقل می گردد که این امر باعث گرم شدن هوا و در نتیجه سبک شدن وزن آن شده و نهایتا" باعث حرکت هوای داغ به سمت بالای stuckمی گردد. این هوای گرم شده جای خود را به هوای خنک ورودی دارد ودر نتیجه یک جریان دائمی هوا از پائین به بالای برج برقرار می گردد. به علت طراحی خاص این برج ها , عملکرد این برج به هوای محیط بیرون برج بستگی ندارد .



مقداری از آب برگشتی به علت تبخیر یا نشتی از سیستم خارج می گردد که به وسیله آب جبرانی یا make up این مقدار جبران می گردد . اطراف دما ورودی برج از کرکره ها جهت کنترل میزان هوا ورودی استفاده گردیده و با تغییر این کرکره ها (تغییر میزان هوای ورودی) خنک کنندگی ناشی از تبخیر قابل تنظیم می باشد. زمانی که آب گرم از نیروگاه خارج می شود وارد برج شده و توزیع می گردد , سپس آب خنک شده به همراه آب جبرانی دوباره به سمت کندانسور حرکت می کنند. ا ین برج هابه صورت استوانه بودند. سپس به صورت دو مخروط قطع خورده روی هم بنا می شد.

شکل جدید آن به صورت هذلولی است که به آن استحکام خوبی می دهد وبا جریان طبیعی هوا در عبور از پوسته برج سازگاری بهتری دارد . این برج به صورت یک دودکش بزرگ است که در پائین هوای سرد را به خود

می کشد و در بالا هوای گرم را تخلیه می کند. در برج با جریان طبیعی هم دو روش جهت خنک کردن آب وجود دارد .جریان متقاطع و جریان متقابل , در مناطق خشک رطوبت نسبی پائین است و آب زیادی با تبخیر هدر خواهد رفت و لذا در این مناطق اینگونه برج ها توصیه نمی شود . در مناطقی با رطوبت نسبی متوسط بر حسب اینکه حجم بار زمستانی برج چقدر باشد می توان این گونه برج ها را تو صیه کرد. همچنین در مناطقی که دمای تابستان خیلی بالا باشد احداث این برج را نمی توان توصیه کرد زیرا بازدهی مطلوب را نخواهد داشت

.مزایای برج ها :

۱- برای جریان های آب بسیاربالا مناسب است. ۲- به فضای کمتری نسبت به برج های چند سلولی مکانیکی نیا۴- به تعمیرات مکانیکی و الکتریکی نیاز نیست .۵- به لحاظ عدم وجود فن , آلودگی صوتی بسیار کمتر است.

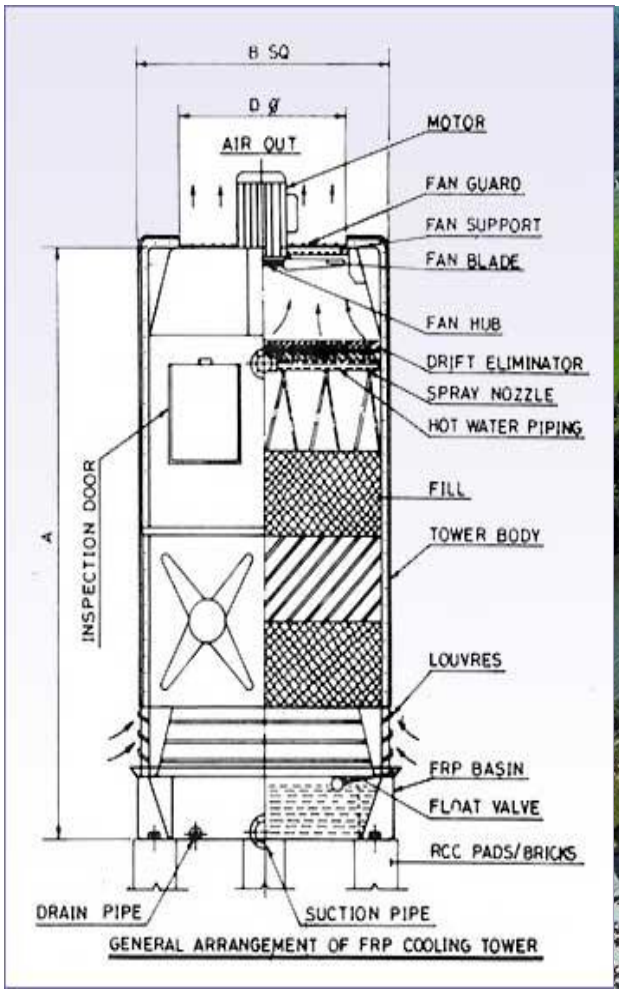
عیب این برج ها :

اثر دودکشی دیوار برج با افزایش رطوبت کاهش می یابد واین مسئله برای محیط های خشک و گرم یک نقطه ضعف محسوب می شود

برج خنک کننده با فن دمنده:

در این گونه از برج های خنک کننده , فن در قسمت ورودی هوا به درون برج و در بخش تحتانی آن قرار دارد و هوارا به درون برج می دمد, به همین جهت سرعت جریان هوا در پائین برج ودر قسمت ورودی در مقایسه با سرعت هوا در بالای برج بسیار بیشتر است اساس کار این نوع برج ها بر این صورت است که آب گرم وروی به برج توسط سیستم توزیع کننده , برروی پر کن ها پاشیده می شود تا سطح تماس بیشتری بین آب و هوا ایجاد گردد.همچنین فن دمنده نیز هوا را از پائین برج به سمت بالا می فرستند . به این ترتیب تعادل حرارت بین آب و هوا بر روی پر کنها انجام می پذیرد و حرارت گرفته شده از آب در نهایت از بالا ی برج خارج می گردد. در این برج ها نیز صفحاتی به نام قطره برگردان برای جلوگیری از خروج قطرات آب در نظر گرفته شده که در قسمت بالا ی برج تعبیه شده است . از آن جایکه سرعت هوادر قسمت خروجی خیلی کم است این نوع از برج ها بسیار در معرض خطر برگشت هوای گرم و مرطوب به قسمت ورودی می باشند. بنابراین برج های دمنده در مقایسه با برج های مکنده از نظر عملکرد حرارتی و راندمان در سطح پائین تری قرار دارند. همچنین هنگام کارکرد در شرایط جوی با دمای پائین احتمال یخ زدگی بسیار زیاد است . این نوع از برج ها به دمنده های نوع گریز ازمرکز مجهزند که در مقایسه با فن های نوع پروانه ای احتیاج به توان بیشتری دارند اما دارای این مزیتند که در برابر

فشارهای استاتیک کانال هایدرون برج تواناترند اساس کار این نوع از برج ها به این صورت است که آب گرم ورودی به برج توسط توزیع کننده روی پر کن ها پاشیده می شود.



مزایای این بر ج ها :

۱- به دلیل نسب قطعات دوار در قسمت پائین برج, ارتعاش کمتر است.

۲- اجزا پروانه در مقایسه با دیگر برج ها در مسیر جریان خشک هوا قرار دارد.

۳- قرار گرفتن اجزا پروانه در زیر برج عملیات بازرسی و تعمیرات را آسان می سازد .

۴- پروانه ای که هوای محیط را به حرکت در می آورد به نیروی کمتری نسبت به پروانه هایی که به صورت مکنده عمل می کنند , نیاز دارد .

معایب این بر ج ها :

۱- برای ظرفیت مشابه , نسبت به برج های مکنده احتمال بازگشت هوای گرم بیشتر است .

۲- در هنگام زمستان ,احتمال یخ بستن روی ورودی پروانه ها وجود دارد اگر کانال پروانه را با زاو یه ای ناچیز تنظیم کنیم به طوری که آب به راحتی بیرون حوضچه باز گردد میزان یخ زدگی به حداقل می رسد .

تشریح عملکرد برج خنک کن باز

وظیفه یک برج خنک کن باز، جذب گرما از یک فرایند و دفع آن به فضای اتمسفر است که اساساً این دفع از راه تبخیر صورت می پذیرد. از آن جایی که آب شرکت کننده در فرایند خنک سازی در مدار برج خنک کن سیرکوله شود، به علت تبخیر تدریجی آب، غلظت مواد معدنی در ان افزایش می یابد. وقتی که غلظت مواد معدنی به اندازه دو برابر مقدار اولیه شد، گفته می شود که آب دارای دو سیکل غلظت می باشد. هنگامی که غلظت مواد معدنی در آب به سه برابر مقدار اولیه رسید، آنگاه دارای دو سیکل غلظت می باشد

کارایی این قسمت برای بهره برداری موثر و اقتصادی بسیار پر اهمیت می باشد. برای اطمینان از حداکثر انتقال حرارت، سطوح اننتقال حرارت باید در حد امکان تمیز نگه داشته شود. اگر غلظت مواد معدنی در برج خنک کن افزایش یابد، امکان تجمع رسوب و خوردگی افزایش می یابد، بنابراین تصفیه آب موجب بهره برداری موثرتر از واحد انتقال حرارت خواهد بود.سطوح انتقال حرارت، گرمترین نقطه ای است که آب خنک

کننده به آن می رسد. حلالیت کربنات کلسیم در آب$CaCO_2$که در برج خنک کن وجود دارد با دما رابطه معکوس دارد، در نتیجه در سطوح انتقال حرارت، امکان نشست رسوب کربنات کلسیم، به وجود می آید. انباشته شدن لایه های رسوب کربنات کلسیم انتقال حرارت را کاهش می دهد و این مساله موجب خوردگی شده و نقاط داقی به وجود می آورد که خود موجب تنش حرارتی خواهند شد، همه این موارد روی بازدهی و عمر مبدل حرارتی تاثیر خواهند گذاشت

یک روش ابتدایی برای جلوگیری از تشکیل رسوب ، تخلیه بخشی از آب گردش کننده در مدار و جایگزین کردن آن با مقداری آب تازه است که غلظت مواد معدنی در آن کمتر باشد. برای تعیین حداکثر غلظت مواد معدنی که می تواند بدون ایجاد رسوب در آب موجود باشد باید آب جبرانی کاملاً مورد برسی قرار گیرد. هدف از برنامه تصفیه آب این است که تعداد سیکل های غلظت به حداکثر ممکن رسانده و در این حال تشکیل رسوب، خوردگی و رشد میکروبی را به حداقل برساند. مهمترین عاملی که باید کنترل شود تشکیل رسوب است که به طور معمول به دلیل اشباع ترکیبات کلسیم در آب خنک کن ایجاد می شود.

خدمات رفاهی شهری پالایشگاه نفت، صنایع شیمیایی و بیشتر صنایع دیگر در سیستم های تهویه مطبوع خود و یا براسی خنک کردن یک سیال فرایندی در مبدل حرارتی به مقادیر زیادی آب خنک کن احتیاج دارند. در گذشته، خنک کنندگی با استفاده از از آب های موجود در دریاچه ها، رودخانه ها و یا سیستم های آب شهری نزدیک، بر اساس یک روش (یک بار گذر) انجام می گرفت.مشکلاتی مهم در این روش به چشم می خورد، مسدود شدن مبدل حرارتی با جامدات معلق (گل ولای) و رشد بیولوژیکی در این تجهیزات بود. هزینه های ناشی از خرابی تجهیزات و محدودیت های فزاینده ی سازمان محیط زیست، موجب شد صنایع به تصفیه آب و

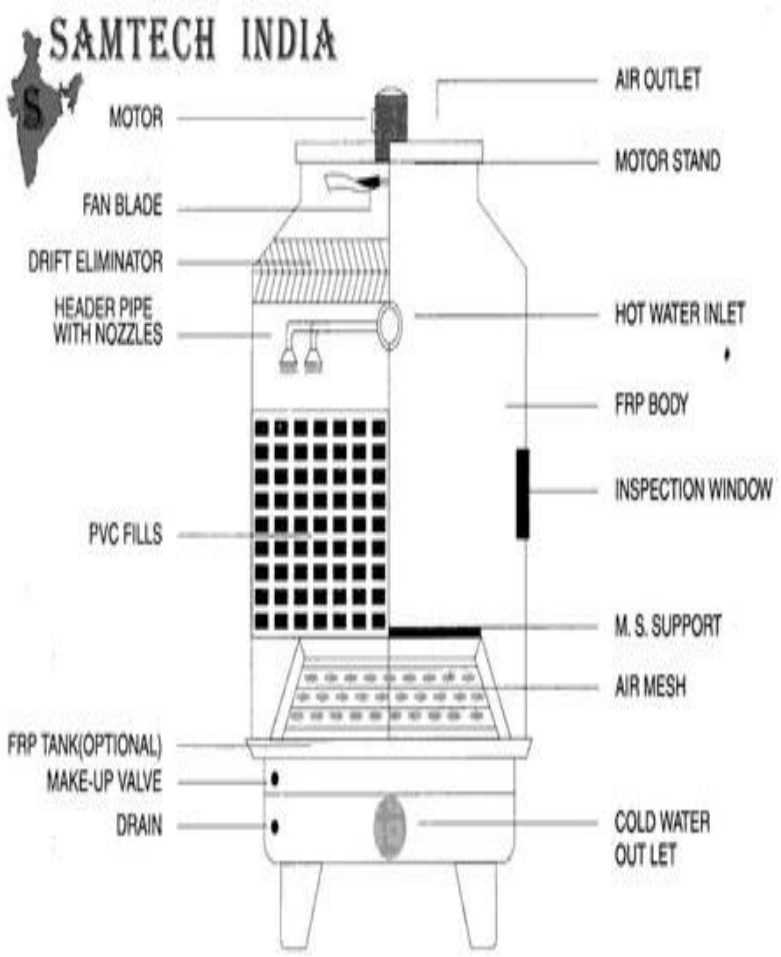
استفاده مجدد از آن به کمک برج های خنک کن روی بیاورند. این امر موجب شد که نیاز صنایع به آب تازه کاهش چشمگیری داشته باشد و مقدار گنداب تشکیل شده ی آنها نیز کاهش یابد.

در یک سیستم خنک کننده ی سیرکوله، برای جذب گرمایی که آب در حین عبور از تجهیزات و فرایندهای صنعتی دریافت کرده است، آن را از مبدل های حرارتی، کانال های خنک کننده یا برج های خنک کن عبور می دهند و بعد از خنک شدن دوباره آن را به جهت خنک کردن تجهیزات و فرایند ها به کار می برند.
برج های خنک کن سیرکوله، خنک کنندگی را از راه تبخیر آب و همچنین با انتقال حرارت مستقیم به هوا هنگام عبور مستقیم آن از درون برج ایجاد می کنند اصول اولیه کاری این تجهیزات نسبتا واضح است، ولی تجهیزات انتقال حرارت مربوطه به طور گسترده ای به لحاظ قیمت و پیچیدگی باهم متفاوت هستند. به عنوان مثال، در صنایع شمیایی ، به دلیل طبیعت برخی فرایند ها، معمولا به مواد غیر معمول برای ساخت نیاز می باشد. این مساله موجب می شود تجهیزات انتقال حرارت بسیار گران شده و نگهداری مناسب آن نیز از اولویت خوبی برخوردار شود

اغلب مشکلات برج خنک کن ناشی از ناخالصی آب می باشد. در سیستم های خنک کن معمولا سه مشکل وجود دارد:خوردگی، تشکیل رسوب و رشد بیولوژی باکتریها

محل نصب، لوله کشی و کنترل ظرفیت برج خنک کننده

در گزینش صحیح دستگاه خنک کننده آب متناسب با مقتضیات یک پروژه معین باید چند عامل اصلی را لحاظ کرد. توان خنک کنندگی , مسائل اقتصادی , سرویسهای مورد نیاز و شرایط طبیعی و . . .
این عوامل اغلب به هم وابستگی متقابل دارنداما هر یک بایستی جداگانه مورد بررسی قرار گیرند از آنجا که ممکن است انواع زیادی از دستگاهها توانایی تامین مقصود را داشته باشند عواملی همچون ابعاد دستگاه , مساحت محل نصب , حجم هوای جریانی , میزان مصرف انرژی فن و پمپ , موارد بکار رفته در ساخت دستگاه , سهولت یافتن دستگاه در بازار بر انتخاب نهایی تاثیر گذار خواهد بود.
برجهای خنک کن در اندازه های مختلف برای دفع حرارت از یک تا چند تن تبرید ساخته می شوند, برجهای بزرگ برای کاربردهای معین ساخته می شوند و معمولا از چندین سلول تشکیل می شوند که هر یک اجزای خاص خود را دارند.



محل نصب :

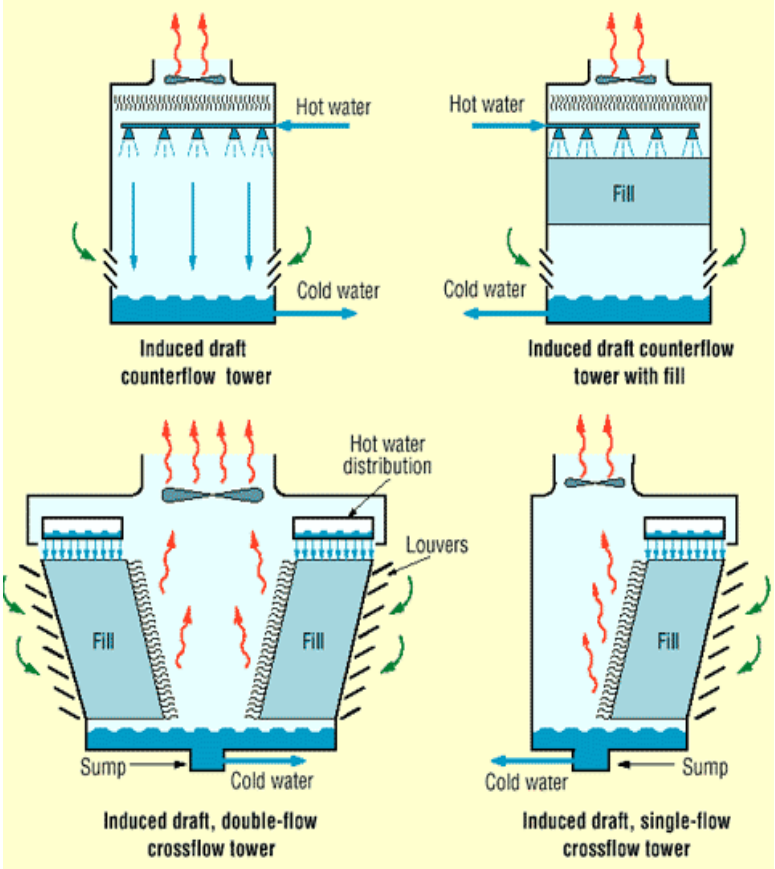
اگر بتوان برج خنک کن را در فضای باز با جریان هوای آزاد قرار داد در حصول یک بازده مناسب از برج مشکلی وجود نخواهد داشت اما چنانچه قرار باشد برج در داخل ساختمان و محصور بین دیوارها نصب شود موارد زیر بایستی مورد توجه قرار گیرد:

۱) باید فضای کافی و بدون مانع مزاحم در اطراف برج وجود داشته باشد تا هوای لازم به برج برسد
۲) هوای گرم خروجی از برج باید به گونه ای تخلیه شود که امکان بازگشت و گردش مجدد آن به برج وجود نداشته باشد زیرا گردش مجدد چنین هوایی در برج دمای مرطوب هوای ورودی به برج را افزایش می دهد و باعث گرم ماندن آب در خروج از برج می شود
گردش مجدد هوا به داخل برج هنگامی مورد توجه قرار می گیرد که چند برج در مجاورت هم باشند

تعیین محل نصب برج به عوامل دیگری هم بستگی دارد از قبیل استحکام محل نصب , تجهیزات اضافی برای تقویت آن , هزینه فراهم کردن تجهیزات اضافی برای برج و مسائل مربوط به معماری ساختمان و ...

لوله کشی:

سیستم لوله کشی برج خنک کن بایستی به گونه ای طراحی شود که امکان انبساط و انقباض بین لوله ها فراهم باشد و چنانچه برج بیش از یک اتصال ورودی باشد باید جهت متعادل کردن جریان آب به هر یک از سلولهای برج شیر متعادل کننده نصب شود و چنانچه لازم باشو یکی از سلولهای برج جهت تامیرات از مدار خارج شود باید دارای شیر مسدود کننده جریان باشد.
اگر دو یا چند برج بصورت موازی نصب شده باشند باید از یک لوله مشترک بین دو تشت برج جهت متعادل کردن آب داخل برج استفاده شود.به منظور ممانعت از سرریز آب داخل برج هنگام توقف کار تمامی مبدلها بایستی پایین تر از سطح آب برج قرار داشته باشند



کنترل ظرفیت :

بیشتر برجهای خنک کن در معرض تغییرات قابل توجه دمای مرطوب هوا و بار در طول فصل گرم می باشند بدین لحاظ ممکن است جهت ابقای شرایط تجویز شده برای کارکرد مطلوب برج بعضی از روشهای کنترل ظرفیت به کار گرفته شود..ساده ترین روش کنترل ظرفیت برجها تغییر سرعت فن می باشد که اغلب در برجهای چند سلولی به کار می رود با موتورهای دور متغییر میتوان این کار را انجام داد.

روش دیگر در کنترل طرفیت استفاده از دمپر تنظیم کننده در دهانه خروجی فن سانتریفوژ می باشد.

روش دیگر بای پاس کردن آب می باشد .

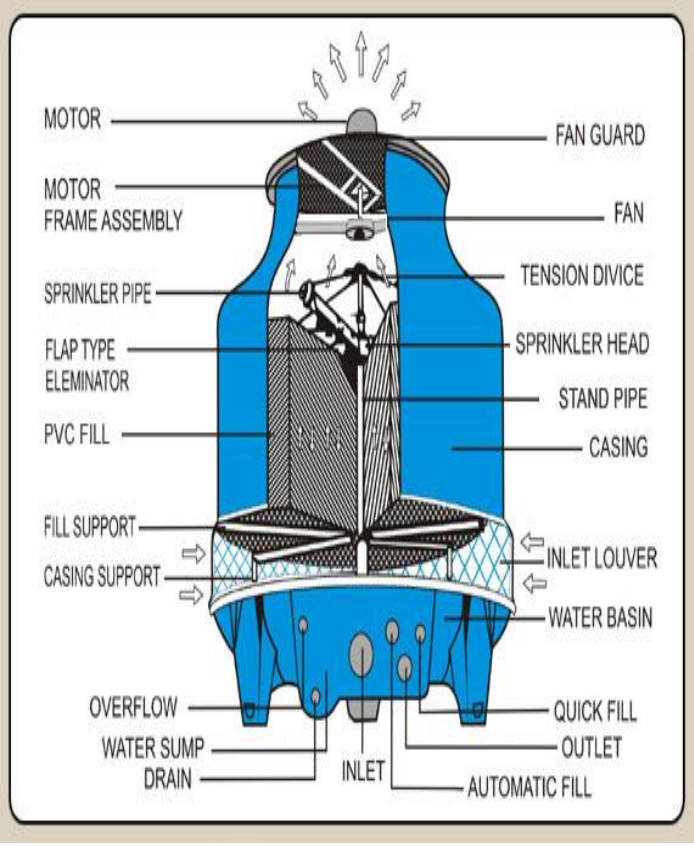
کار زمستانی برج خنک کننده :

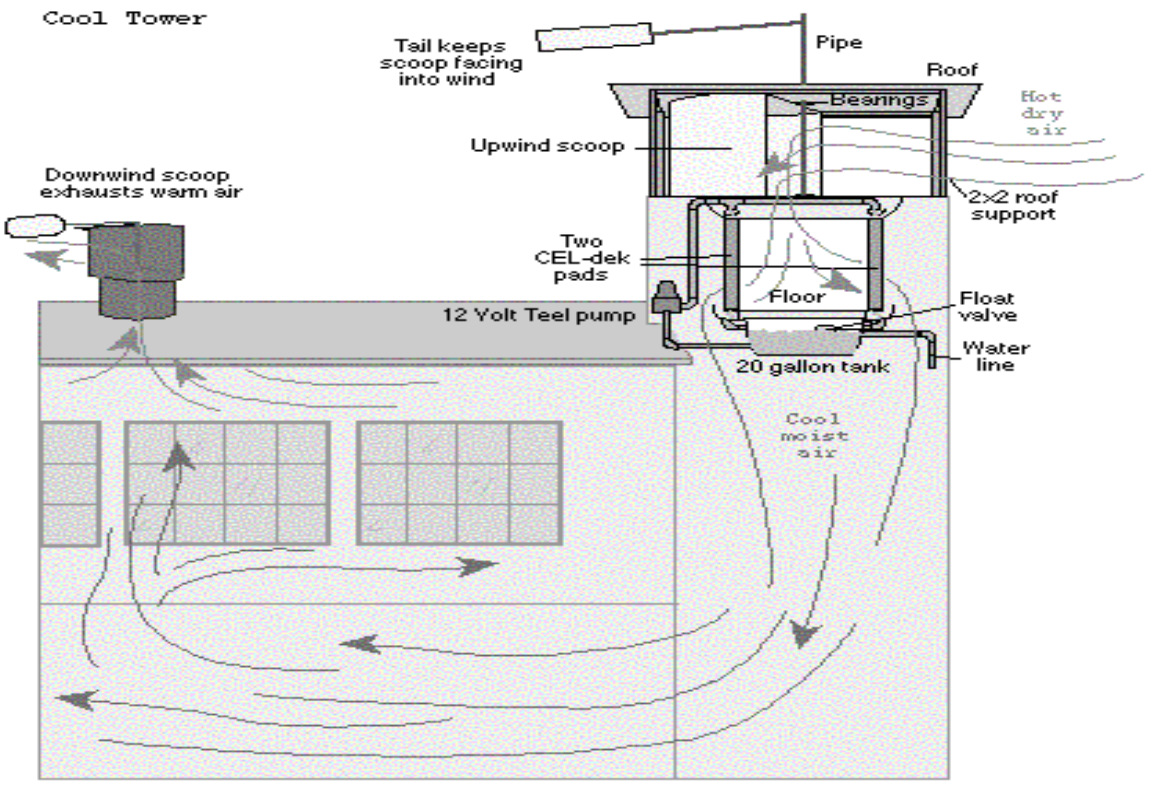
اگر قرار باشد برج در دمای زیر صفر درجه کار کند باید موارد زیر بحث شود :

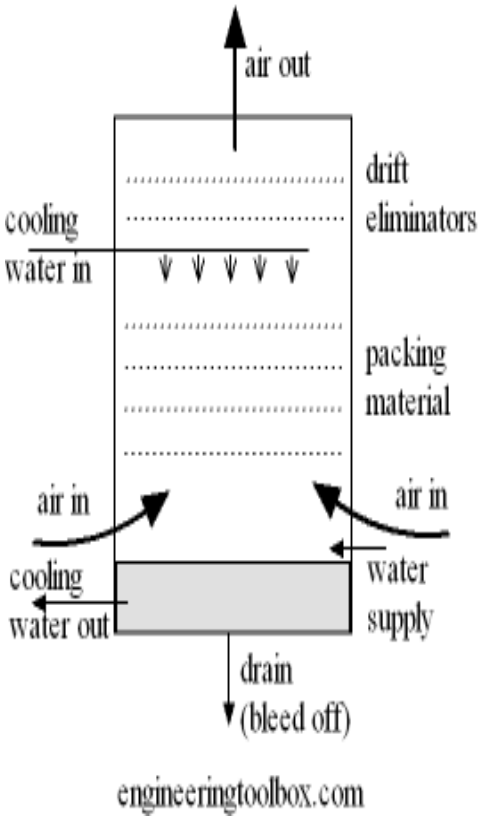
۱) گردش باز آب در برج خنک کن

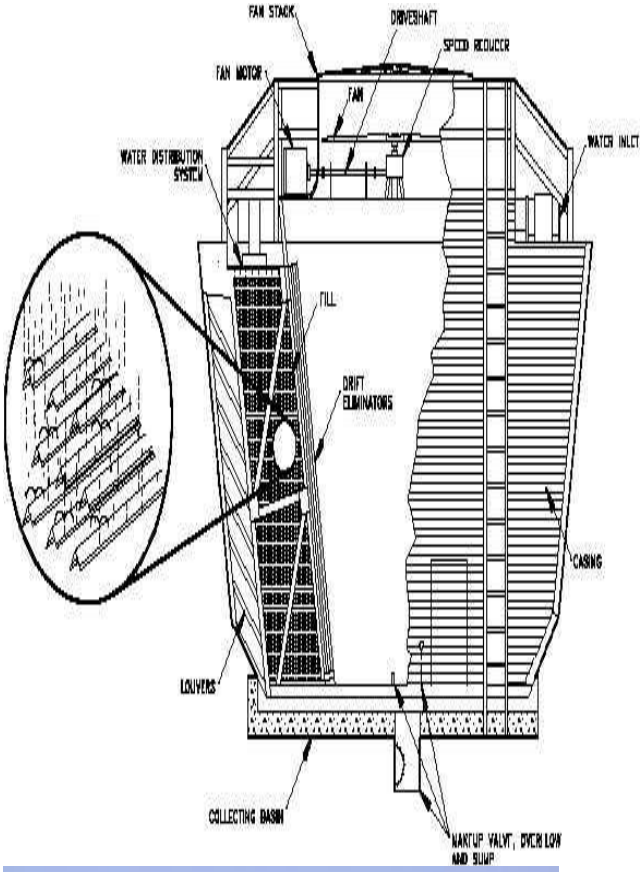
۲) گردش بسته آب در یک سرد کننده تبخیری مدار بسته

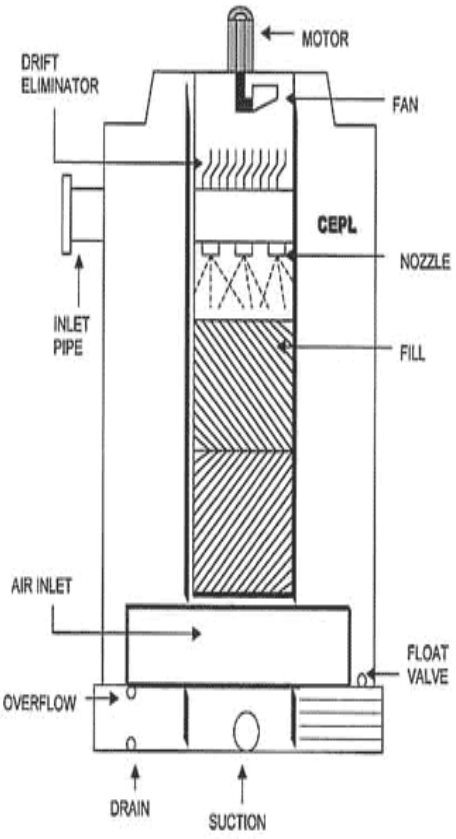
۳) آب تشت در برج خنک کن

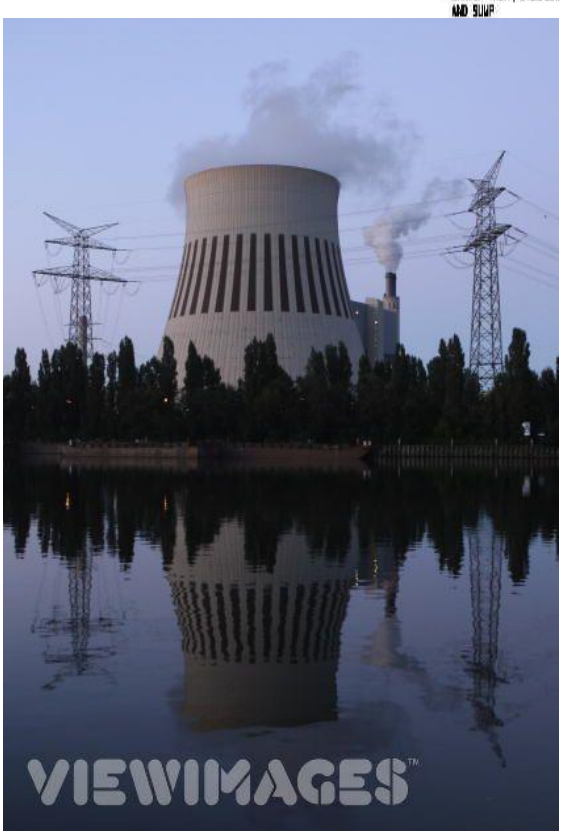



Cool Tower
Tail keeps scoop facing into wind
Pipe
Roof
Bearings
Hot dry air
Upwind scoop
Downwind scoop exhausts warm air
2x2 roof support
Two CEL-dek pads
Floor
Float valve
12 Volt Teel pump
Water line
20 gallon tank
Cool moist air

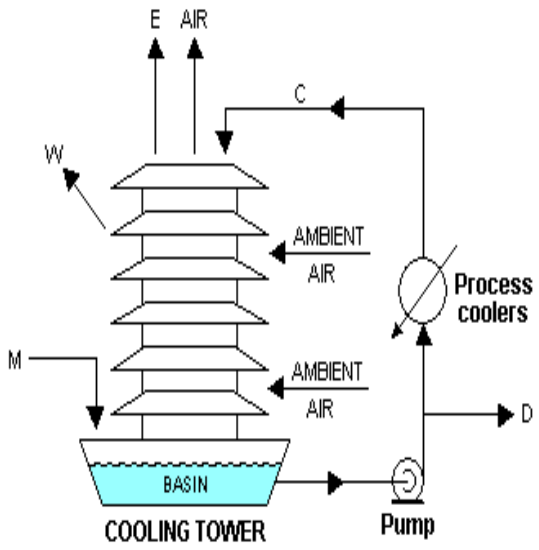

air out
drift eliminators
cooling water in
packing material
air in
air in
cooling water out
water supply
drain (bleed off)
engineeringtoolbox.com



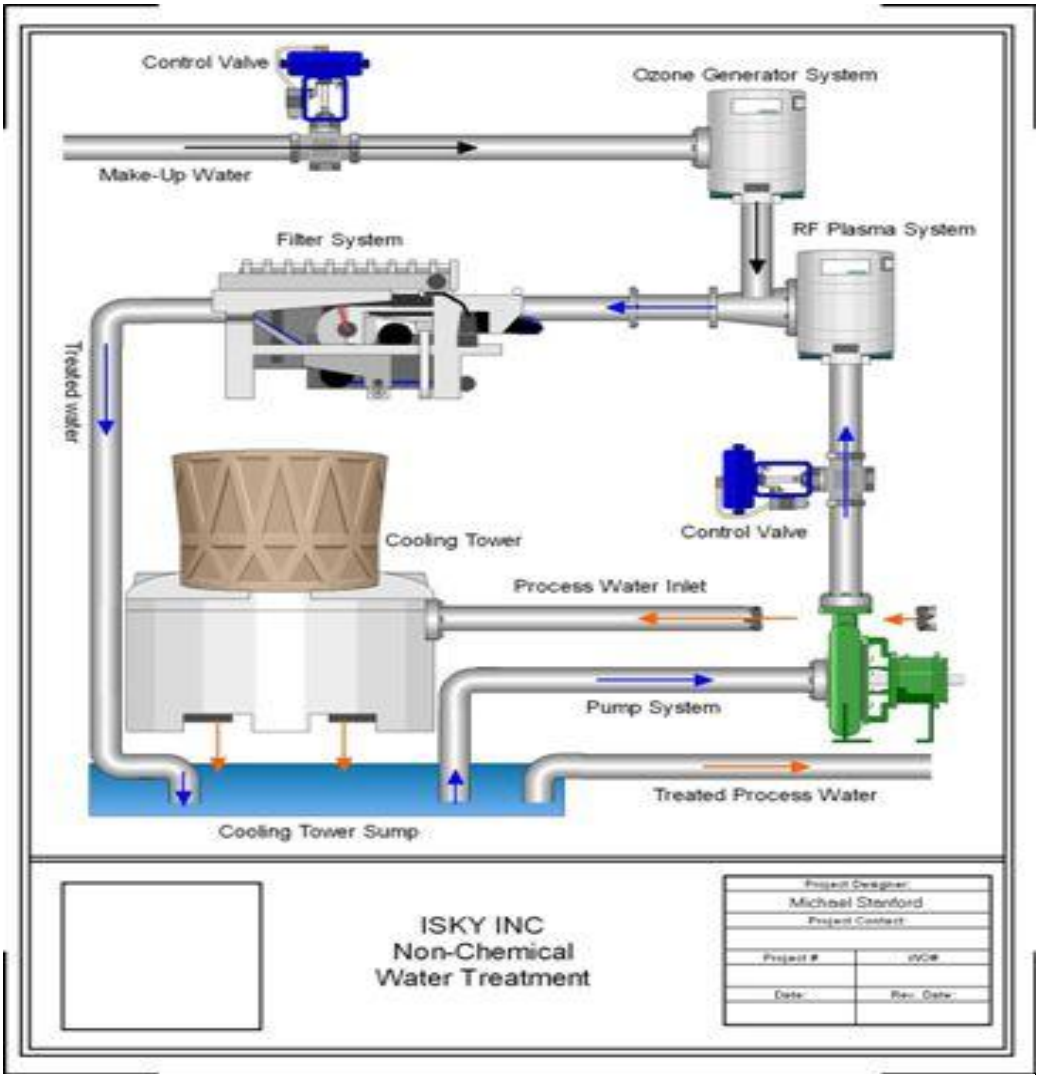


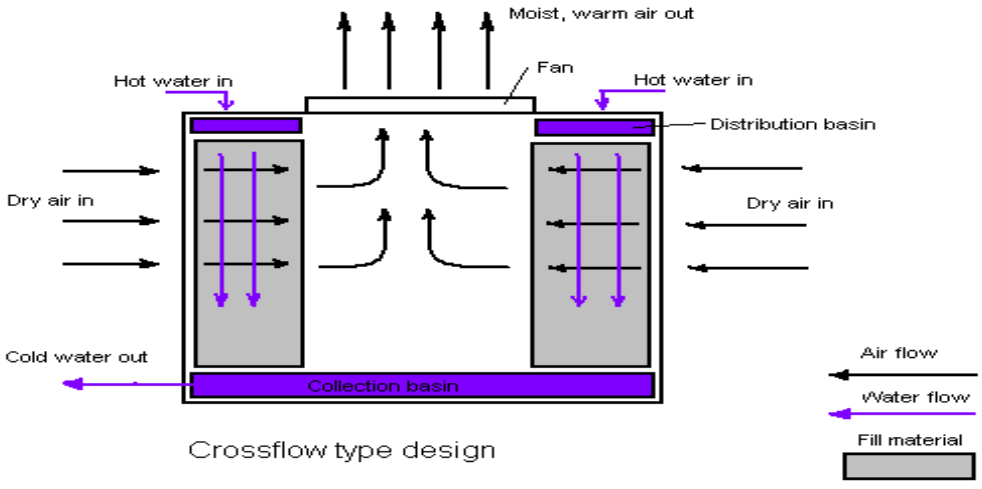


COOLING TOWER SYSTEM

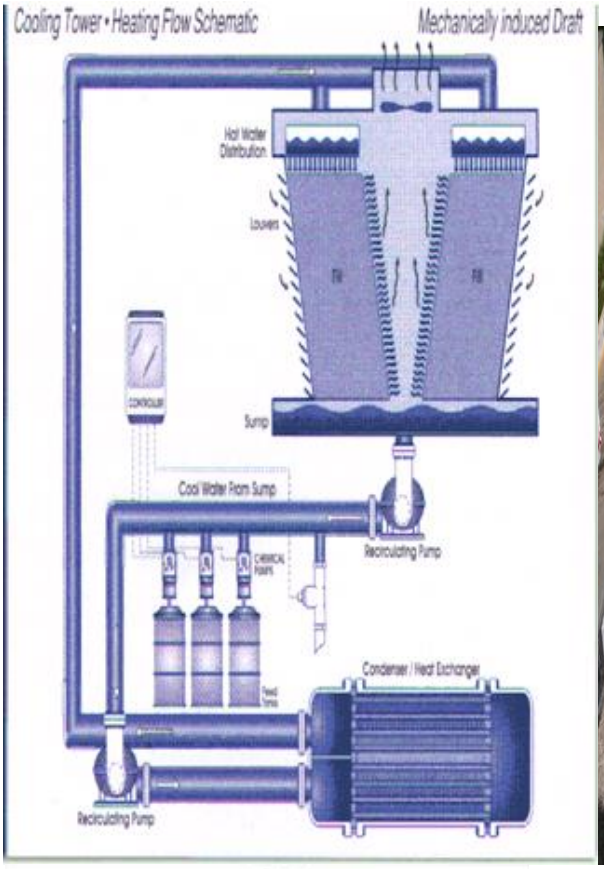


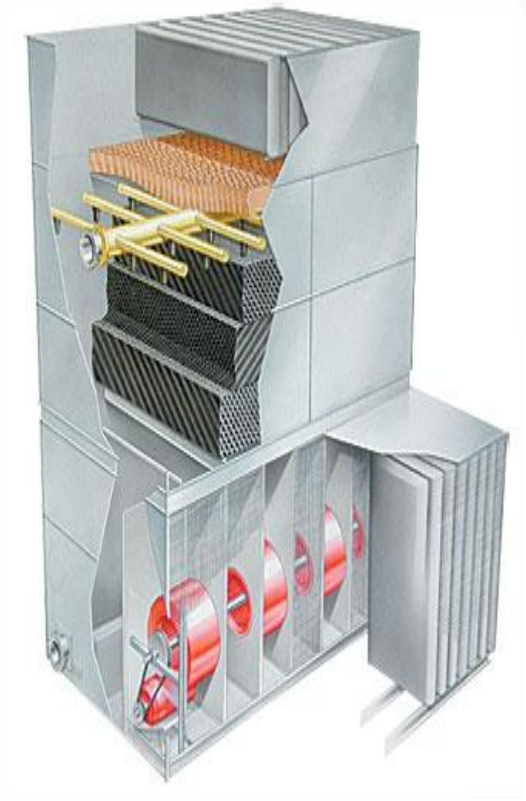
C = CIRCULATING COOLING WATER
E = EVAPORATED WATER
W = WINDAGE or DRIFT LOSS
M = MAKEUP WATER
D = DRAWOFF or BLOWDOWN WATER

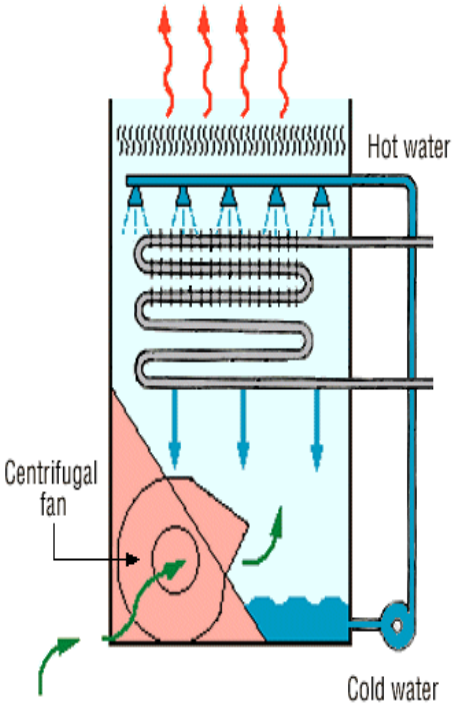


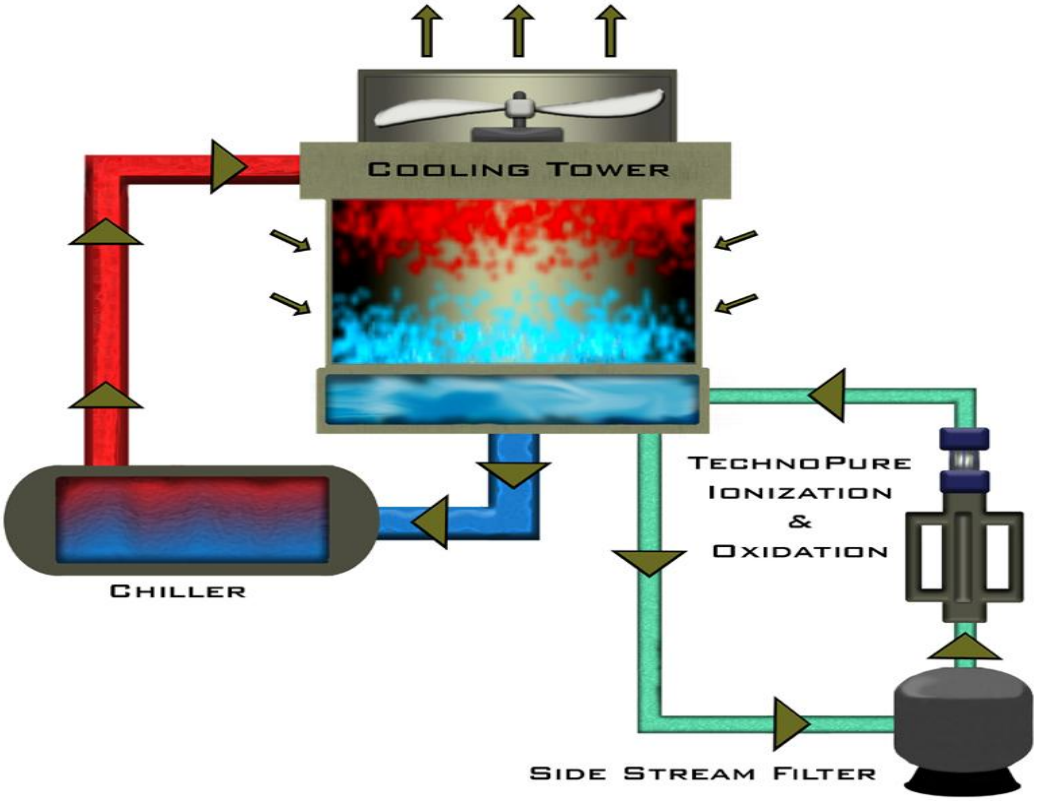


Crossflow type design


Cooling Tower • Heating Flow Schematic
Mechanically Induced Draft
Hot Water Distribution
Louvers
Sump
Cool Water From Sump
Recirculating Pump
Condenser / Heat Exchanger
Recirculating Pump

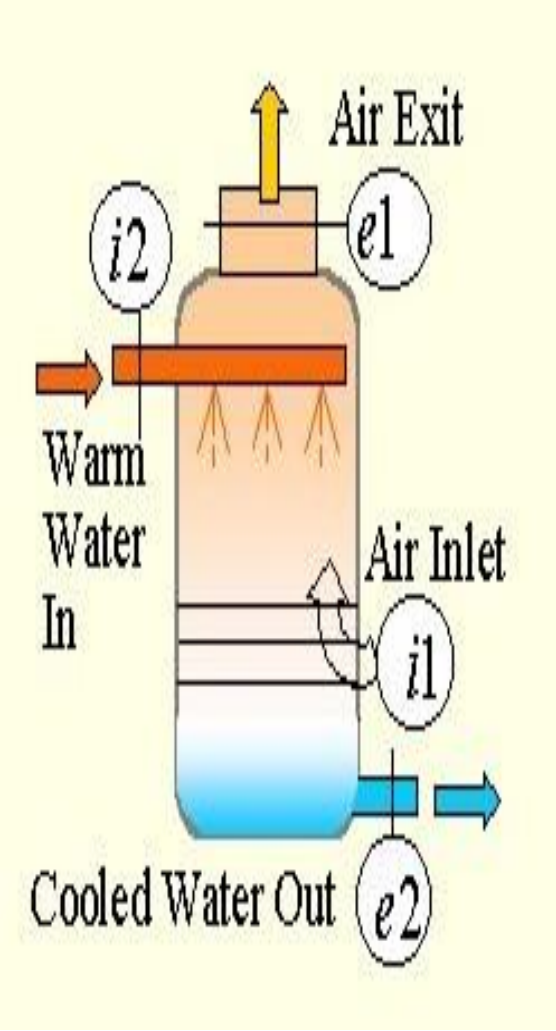


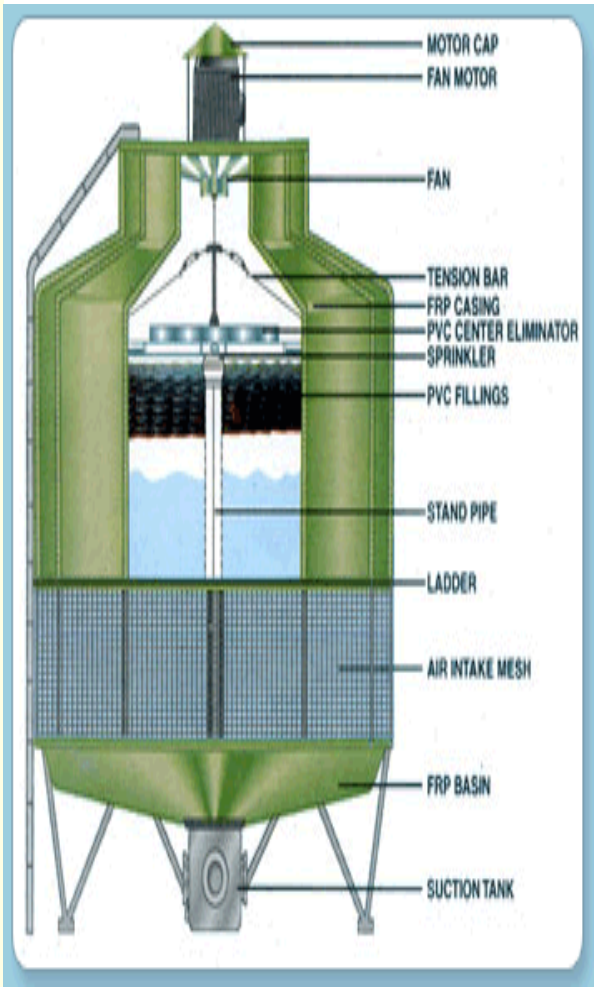

Hot water
Centrifugal fan
Cold water



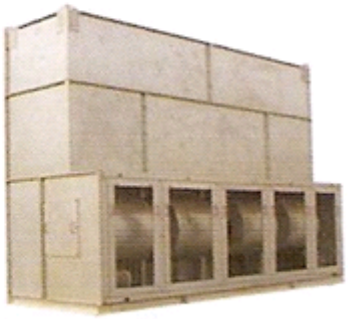
Tower Structure

1 Safety Handrail (Optional)
2 Motor (TEFC)
3 V- belt reducer
4 Motor Support
5 Fan
6 Fan Stack (FRP)
7 Hot water distribution basin (FRP)
8 Panel (FRP)
9 Infill
10 Basin
11 Framework
12 Ladder
13 Internal water Pipping
14 Water Outlet
15 Inspection door (FRP)
16 Safety Cage (Optional)





برج خنک کننده گالوانیزه



- از ظرفیت ۱۰ الی ۱۱۴۰ تن (طرح Baltimore)
- بدنه تماما از ورق گالوانیزه
- دارای فن سانتریفوژ با بالانس دینامیکی و کارکرد آرام و بی صدا
- دارای سطوح گسترش یافته با قابلیت تعویض از جنس گالوانیزه یا استنلس استیل
- نازلها از نوع پرده هوایی با راندمان بالا و
- پخش یکنواخت آب بر روی المانها
- راندمان بالا و عمر طولانی

مراجع :

۱- بهمن خستو، حرارت مرکزی، تهویه مطبوع و نبرید، چاپ ۱۳۸۷

۲- مبحث چهاردهم مقرارت ملی ساختمان، دفتر تدوین و ترو یج مقرارت ملی ساختمان ۱۳۸۶

۳- مبحث هیجدهم مقرارت ملی ساختمان ، دفتر تدوین و ترو یج مقرارت ملی ساختمان ۱۳۸۵

۴- حسین میسمی، بهزادحری ، سعیده سعیدی، تنظیم شرایط محیطی ، انجمن ملی مقاوم سازی ایران

۵- سایتهای اینترنتی و تحقیق دانشجویان موسسه آموزش عالی دانش پژوهان راجع به عملکرد و سازه برجهای خنک کننده

۶- نکات برتر نظام مهندسی در مورد تأسیسات مکانیکی و تهویه

۷- www.iran-eng.com

۸- سعید فخرایی ، بررسی اثرات زلزله بر برجهای خنک کننده بتنی، سمینار ارائه شده در پژوهشگاه زلزله شناسی و مهندسی زلزله

۹- ایمان الیاسیان،ا حداث و عملکرد برجهای خنک کننده، انجمن مقاوم سازی ایران