تهویه مطبوع نابستانی ۲

تهویه مطبوع مهندسی مکانیک

ترکیب هوا - انواع هوا

خواص گازها - قانون دالتون

رطوبت نسبی - نقطه شبنم و روش تعیین

انواع دماها

انتالپی هوای مرطوب

انواع کولرها

سیستم های سرمایشی یا پدیج ها

کویل های برودتی

دستگاه های رطوبت زن

اصول جریان هوا

سیستم های توضیع هوا

اصول کانال کشی.

محاسبات تاسیسات ساختمان
از مهندس سید صدیق طباطبایی
انتشارات روزبهان

[redacted]

فصل ۱ (پیشگفتار آن)

فصل ۲ (۷۰ الی ۸۰ درصد)

فصل ۳ (کاتالوگ)

فصل ۱

مقدمه

شرایط آسایش { دما افزایش یا کاهش
رطوبت ~ ~ ~
گازهای مضر موجود در هوا (بین ۰٪)

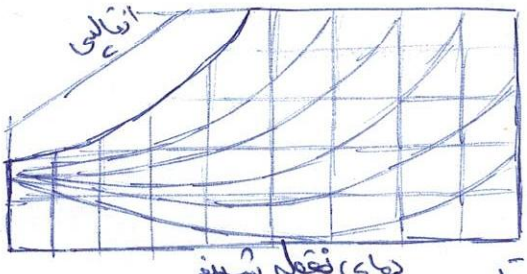
مشخصات هوا

- ایجاد شرایط آسایش انسان در محیط‌های مختلف از طریق اجرای یک سلسله عملیات بر روی هوا، از قبیل افزایش یا کاهش رطوبت و نیز کاهش میزان گازها و ترکیبات مضر موجود در هوا صورت می‌گیرد.
- هوا ترکیبی است از گازهای نیتروژن (۷۸٪) اکسیژن (۲۱٪) آرگون، دی اکسید کربن، نئون، هلیوم و مقادیر ناچیزی از گازهای دیگر از قبیل متان، هیدروژن، دی اکسید گوگرد و غیره.

ترکیب های خشک:
N_2 (نیتروژن) ۷۸٪
O_2 (اکسیژن) ۲۱٪
آرگون، دی اکسید کربن، هلیم، نئون، دی اکسید گوگرد و غیره...

- به همراه این گازها همواره مقداری رطوبت به صورت بخار آب در هوا وجود دارد که میزان آن متغیرات رطوبت نیز ماشه دما بر روی شرایط آسایش تأثیر زیادی دارد.

نمودار مشخصات هوا



(۱) حالت اشباع (Saturation)
میزان رطوبت هوا ممکن است آنقدر افزایش یابد که دیگر قابلیت جذب رطوبت بیشتری را نداشته باشد این حالت را اشباع هوا از رطوبت گفته که پس از آن قطرات آب یا در فضا سقوط می‌کنند یا به صورت مه معلق می‌مانند.

(۲) دمای خشک (Dry-bulb temperature) (ta)
دمایی که با دماسنج معمولی اندازه‌گیری می‌شود را دمای خشک گویند.

(۳) دمای مرطوب یا تر (wet bulb temperature) (tw)
دمای هوا که به وسیله دماسنجی که حباب آن توسط یک فتیله مرطوب پوشیده شده و در معرض جریان

سریع هوا قرار گرفته، اندازه گیری می شود

دمای اندازه گیری شده توسط این دماسنج کم تر از دمای خشک هوا خواهد بود چرا؟ چون:

گرمای نهان تبخیر خود را از محیط اطراف می گیرد.

④ دمای نقطه شبنم: (t_{dp}) (Dew point temperature)

دمایی است که در آن تقطیر رطوبت هنگام سرد کردن هوا آغاز می شود.

⑤ رطوبت نسبی: (RH) (ReLetive Hamidity)

برای رطوبت نسبی سه تعریف وجود دارد

الف) نسبت فشار جزئی بخار آب موجود در هوا به فشار اشباع بخار آب هوا در همان دمای خشک.

$$RH = \frac{P_v}{P_s}$$

ب) نسبت جرم بخار آب موجود در هوا به جرم بخار آب موجود در هوای اشباع در همان دمای خشک.

$$RH = \frac{m_v}{m_s}$$

ج) نسبت جرم مخصوص بخار آب موجود در هوا به جرم مخصوص بخار آب موجود در هوای اشباع در همان دمای خشک (جرم مخصوص همان چگالی است)

$$RH = \frac{d_v}{d_s} = \frac{\rho_v}{\rho_s}$$

⑥ وزن های خشک (جرم های خشک) (ma) Pound of dry air

اساس تمام محاسبات سایکرومتریک است

۷. محتوای رطوبت یا نسبت رطوبت (W) (water Content)

نسبت وزن بخار آب موجود در هوا (برحسب گرین یا پوند) به وزن هوای خشک (برحسب پوند) یا مقدار بخار آب موجود بر یک پوند هوای خشک f محاسبه $W = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v}$

۸. حجم هوای مخصوص (V) (Specific Volume)

حجم هوای مرطوب ۱ (برحسب فوت مکعب) بر جرم هوای خشک (برحسب پوند) یا حجم واحد جرم هوای خشک

محاسبه: $\bar{V} = 0.754(t_a + 460) / (P - RH \times P_s)$

۹. انتالپی هوا (h) (Enthalpy)

مقدار حرارت موجود در هوا (برحسب بی تی یو بر پوند هوای خشک $\left(\frac{Btu}{lb}\right)$) مبنای انتالپی برای هوای خشک ۰ °F و نهایت و برای محتوای مرطوب ۰ °F است. انتالپی هوا به ترتیب زیر محاسبه می شود

انتالپی هوای خشک: $h_d = 0.24 t_d$

انتالپی هوای مرطوب به ازای هر پوند هوای خشک: $h = 0.24 t_d + W(1061 + 0.44 t_d)$

گرمای ویژه هوا در فشار ثابت: h_d

انتالپی هوای مرطوب به ازای هر پوند هوای خشک: h

جداول ۱-۱ خواص حرارتی آب و بخار اشباع و جداول ۱-۲ و ۱-۳ تغییرات خواص آب را به ازای دماها و ارتفاعات مختلف نشان می دهد.

(آخر فصل اول)

۱۰. انحراف انتالپی (Enthalpy Deviation)

فصل آدیاباتیک (بی دررو)

فعلی که در آن هیچ گونه گرمایی به هوا داده یا از آن گرفته نشده و فقط رطوبت هوا افزایش یا کاهش می یابد دمای مرطوب ثابت بوده و انتالپی هوا نیز در دمای مرطوب معین تقریباً ثابت است. گرمایی که این مطلب در بیشتر نمودارهای مشخصه هوا (سایکرومتریک) مشاهده می شود اما دقیقاً صحیح نیست. زیرا وقتی که دمای مرطوب معین مقداری رطوبت از هوا گرفته شود انتالپی این مقدار رطوبت نیز از هوا گرفته می گردد.

h_f => انحراف انتالپی می نامیم. $h_2 = h_1 + (W_2 + W_1) h_f$

۱۱- گرمای محسوس (h_s) (Senible Heat)

گرمایی که سبب تغییر دمای خشک هوا می گردد.

۱۲- گرمای نهان (h_L) (latent Heat)

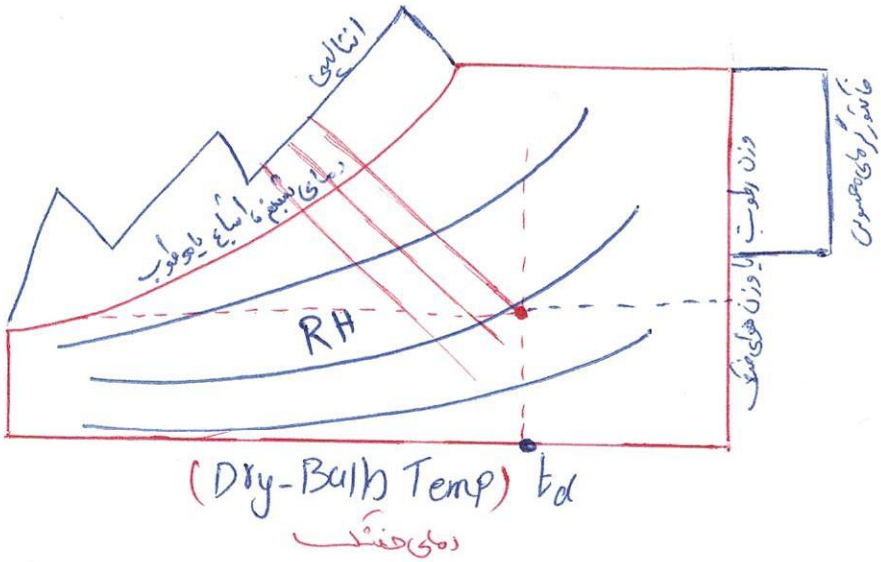
گرمایی که آب ضمن تبخیر و یا بخار ضمن تقطیر می گیرد یا پس می دهد گویند. در طول این فرایند دما و فشار آب یا بخار ثابت می ماند.

۱۳- فاکتور گرمای محسوس (sensible Heat factor) (SHf)

نسبت گرمای محسوس به گرمای کل هوا را می گویند. $SHf = \frac{h_s}{h_s + h_e} = \frac{h_s}{h}$

۱۴- دایره مسیر (Alignment Circle)

این دایره روی نمودار مشخصه هوا در نقطه $RH = 50\%$, $t_d = 80^\circ f$ واقع شده است. با معلوم بودن تنها دو مشخصه از هوای مورد نظر (مثلاً دمای خشک و دمای مرطوب نقطه ای بدست می آید که با توجه به موقعیت آن بروی نمودار می توانیم سایر مشخصات هوا (رطوبت نسبی، نسبت رطوبت، انتالپی و حجم مخصوص) را مشخص کنیم.

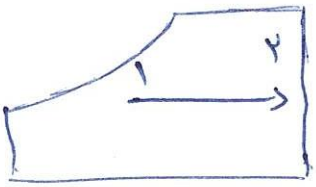


عملیات روی هوا

عملیاتی که به منظور ایجاد شرایط رفاه ممکن است به روی هوا صورت گیرد به شرح زیر است:

۱- گرم کردن هوا

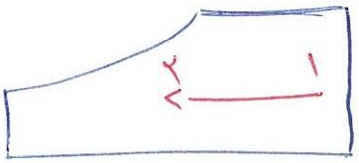
$t_{d_2} > t_{d_1}$
$w_2 = w_1$
$RH_2 < RH_1$
$h_2 > h_1$



اگر فقط گرما به هوا اضافه کنیم خواهیم داشت

۲- سرد کردن هوا

$t_{d_2} < t_{d_1}$
$w_2 = w_1$
$RH_2 > RH_1$
$h_2 < h_1$



اگر فقط گرما را از هوا بگیریم خواهیم داشت.

تهویه مطبوع تابستانی ۲ جلسه سوم

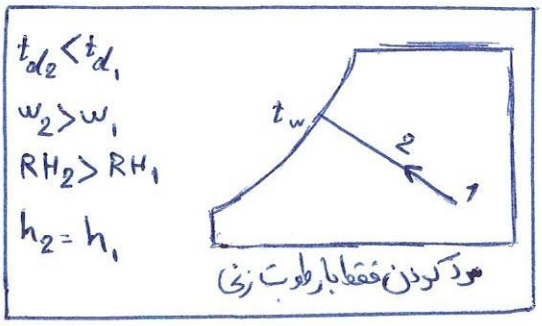
۴- رطوبت زدن هوا

رطوبت زدن هوا از طریق افزودن مستقیم بخار یا آب به هوا توسط افشانک صورت می گیرد در طول این تحول انتالپی هوا ممکن است کاهش، افزایش یا تغییر نکند. مثلا اگر بخار داغ به هوا اضافه شود انتالپی هوا افزایش می یابد.

رطوبت نسبی هوا نیز پس از رطوبت زنی می تواند افزایش، کاهش یابد و تغییر باقی بماند.

~~رطوبت زنی~~ سرد کردن هوا فقط با رطوبت زنی

این یک تحول ادیاباتیک بوده و نمونه بارز آن کولرهای آبی است. آب اضافه شده به هوایی که به سرعت در حال عبور است، گرمای نهان تبخیر خود را از هوا گرفته و آن را خنک می کند. در طول این تحول دمای مرطوب هوا ثابت باقی می ماند.



۴- رطوبت گیری

وقتی قرار است فقط رطوبت گیری داشته باشیم از خشک کن های شیمیایی مانند سیلیکاژل استفاده کنیم نتایج این تحول درست برعکس سرد کردن هوا فقط با رطوبت زنی است.

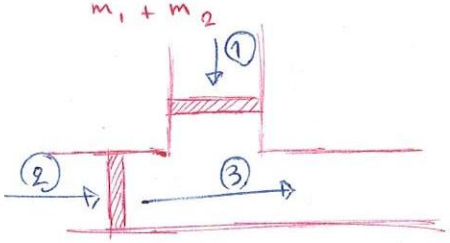
۵- گرم کردن و رطوبت زدن

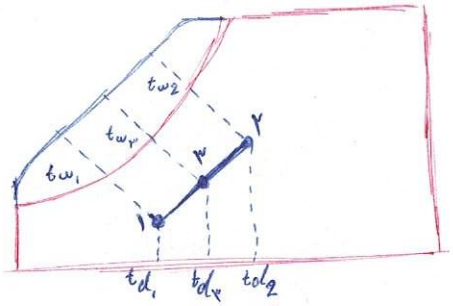
هوا ابتدا از روی کویل گرم عبور کرده سپس به آن رطوبت زده می شود:

تهویه مطبوع تابستانی ۲ جلسه ۴

۷ مخلوط کردن دو هوا: به منظور جلوگیری از افزایش غیرضروری دستگاه های مختلف تهویه مطبوع اغلب به منظور تهویه و تحمل بارهای اتاق ها از ۱۰۰٪ هوای تازه استفاده نمی شود. لذا مخلوط کردن هوای برگشتی از اتاق ها با مقداری هوای تازه در اغلب تاسیسات تهویه مطبوع متداول است وقتی دو هوا با جرم های m_1 و m_2 و مشخصات مختلف را با هم مخلوط کنیم هوایی خواهیم داشت با مشخصات زیر:

$$t_{d_3} = \frac{m_1 t_{d_1} + m_2 t_{d_2}}{m_1 + m_2} \quad , \quad w_3 = \frac{m_1 w_1 + m_2 w_2}{m_1 + m_2} \quad , \quad h_3 = \frac{m_1 h_1 + m_2 h_2}{m_1 + m_2}$$





تذکره: به طور شماتیک دو نمونه از تکلیه هوای برگشتی و هوای تازه برشکل های ۱۱-۱ و ۱۱-۲ صفحه ۱۷ نشان داده شده است.

سرد کردن و رطوبت گیری (در مورد شرایط تابستانی)

مثال: می خواهیم هوایی را از شرایط خارجی $t_d = 100^\circ F$ (متغیر) ، $t_w = 79^\circ F$ به شرایط داخلی $t_{d_2} = 80^\circ F$ و نسبت رطوبت $H = 50\%$ برسانیم با استفاده از نمودار مشخصات هوا تعیین کنید ① گرمای محسوس نهان و کلی را که باید از هوا گرفته شود.

② مقدار رطوبتی که باید از هوا گرفته شود.

$h_1 = 46$ $h_2 = 31,3$, $h_1' = 36,3$

گرمای کلی که باید از هوا گرفته شود: $h_1 - h_2 = 46 - 31,3 = (13,7 \frac{BTU}{lb})$

$h_s = h_1' - h_2 = (10 \frac{BTU}{lb})$ ← گرمای محسوس

گرمای از دست داده تا بتواند ۱ lb هوا را از ۱۰۰ به برساند به ۸۰

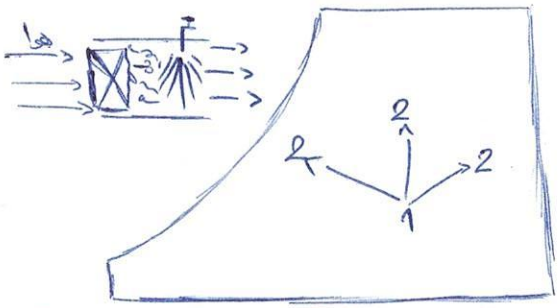
$h_L = h_1 - h_1' = 9,7 \frac{BTU}{lb}$ ← گرمای از دست داده تا تغییر فاز بدهد (بخار به مایع)

$w_2 > w_1$

$h_2 > h_1$

RH: ممکن است کم یا زیاد شود و یا اصلاً تغییر نکند.

t_{db}: ممکن است کم یا زیاد شود و یا اصلاً تغییر نکند.



شکل ۸-۱ گرم کردن و رطوبت زدن هوا

۴- سرد کردن و رطوبت گیری

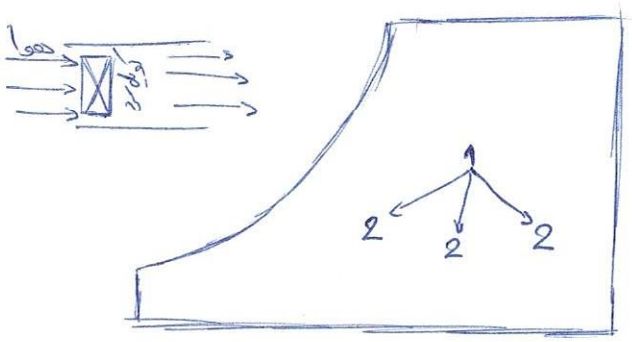
کافی است هوا را از روی یک کویل سرد عبور دهیم تا هر دو منظور حاصل شود.

$w_2 < w_1$

$h_2 < h_1$

RH: ممکن است کم یا زیاد شود و یا اصلاً تغییر نکند.

t_{db}: ممکن است کم یا زیاد شود و یا اصلاً تغییر نکند.



مثال: مقداری هوا با مشخصات $t_{db} = 90f$ (دمای خشک) $t_w = 80f$ (دمای مرطوب) موجودات. این هوا را تا دمای $t_{db} = 80f$ حرارت می دهیم با استفاده از نمودار پیدا کنید!

① رطوبت نسبی هوای اولیه (RH_1): $RH_1 \simeq 48\% \simeq 49\%$

② درجه حرارت نقطه شبنم (t_{dp}): $t_{dp} = 42\ f$

③ نسبت رطوبت: ۰۰۵۳۲

④ انتالپی هوای اولیه: $h_1 = 20,3 \frac{BTU}{LB}$

⑤ انتالپی نهایی: $h_2 = 25.2$ با 80 می رویم

⑥ حرارت داده شده: $h_2 - h_1 = 4,9$

⑦ رطوبت نسبی نهایی: ۲۴٪ باهمون که روی 80 رفتیم.

تذکر: جداول مربوط به استفاده از دریچه ها براساس مشخصات فنی در کاتالوگ های صفحات ۲۹۳ تا ۲۹۴ شرح داده شده است.

مثال: مقدار ۲۰۰۰ (CFM) هوای مطبوع را در یک دفتر کار عمومی با ابعاد ۵۰'x۳۰' و ارتفاع سقف ۱۰' بر دو حالت زیر توضیح نمایید

۱. از طریق دریچه های سقفی

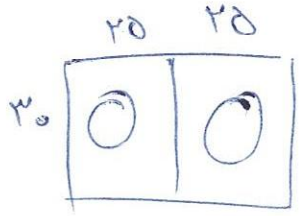
۲. از طریق دریچه های دیواری

حل:

۱- توضیع هوا از سقف به دو صورت ممکن است انجام پذیرد.

الف) سقف اتاق ممکن است به دو سطح مستطیلی به ابعاد ۲۵x۳۰ تقسیم گردیده و در مرکز هر مستطیل یک دریچه سقفی قرار گیرد. به این ترتیب دبی هوای خروجی هر دریچه ۱۰۰۰ (CFM) خواهد بود که شعاع پرتاب هوا (Throw) به اطراف دریچه حداکثر باید ۱۵' باشد.

تذکره: در مورد دریچه های سقفی منظور از کلمه Throw، شعاع پرتاب هوا به اطراف دریچه به صورت افقی است که میزان آن نباید از ۱/۵ برابر ارتفاع سقف بیشتر باشد.



دریچه ۱۸' برای شرایط مناسب است لذا تعداد دو دریچه ۱۸' برای این اتاق انتخاب می کنیم.

کاتالوگ ص ۲۹۴ — واجد به این برای کلمه جواب

CFM را در جدول پیدا می کنیم و ۱۵۰۰ را پیدا می کنیم تا اندازه را پیدا کنیم

ب) سقف اتاق را به ۴ قسمت مساوی به ابعاد ۱۵x۲۵ تقسیم و در مرکز هر مستطیل یک دریچه قرار می دهیم

کاتالوگ ص ۲۹۴

بر این صورت دبی هوای خروجی از هر دریچه ۵۰۰ CFM خواهد بود.

پس ۴ دریچه ۱۲x۱۲' انتخاب می کنیم.

تهویه مطبوع ساختمان جلسه هفتم

۲- دریچه های برگشت هوا:

سرعت مجاز هوا در دریچه های برگشت که براساس سطح مجیا (نه سطح ظاهری) تعیین می شود در جدول (۳-۶) ارائه شده است.

سطح مفید دریچه: عبارت است از حاصل ضرب ابعاد دریچه منهای (-) سطوح تیغه ها

ابعاد

سطح ظاهری دریچه: عبارت است حاصل ضرب ابعاد دریچه.

محل نصب دریچه های برگشت

برای برگشت هوا ممکن است از سیستم کانال برگشت و یا راهرو ساختمان استفاده شود. در مواردی که برای برگشت هوا به اتاق هوا ساز از راهروها به جای کانال برگشت استفاده می گردد دریچه های برگشت روی دیوار مشرف به راهرو (۴ تا ۱۲ اینچ بالای کف) نصب می شود.

نکته: در آپارتمان ها و هتل ها استفاده از راهرو برای برگشت هوا به اتاق هوا ساز طوری چندان خوبی نیست.

برای برگشت هوا از طریق سیستم کانال نیز بهترین محل نصب دریچه های برگشت روی دیوار و نزدیک کف (۴ تا ۱۲ اینچ بالای کف) می باشد.

تذکر: نصب دریچه های برگشت روی سقف یا کف اتاق توصیه نمی شوند.

شکل های ۳-۶۶ (جزئیات یک دریچه سقفی) و شکل ۳-۶۷ چگونگی توضیح هوا در اتاق نشان

برای چند حالت نصب دریچه شرح داده شده اند.

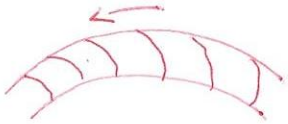
تهویه مطبوع حایساتی هستم.

بادزن ها

بادزن نوعی توربو ماشین است که توسط تیغه های خود به هوا انرژی داده و آن را به جریان در می آورد.

انواع بادزن:

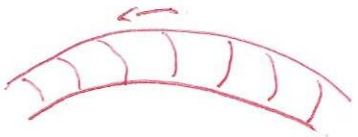
(۱) بادزن های سانتریفیوژ: این بادزن از یک محور گردنده با تیغه های شعاعی که در داخل محفظه ای حلزونی قرار گرفته اند هوا در جهت محور بادزن وارد و در جهت عمود بر محور خارج می شود. این بادزن ها بر حسب انحناء تیغه ها به سه دسته تقسیم می شوند.



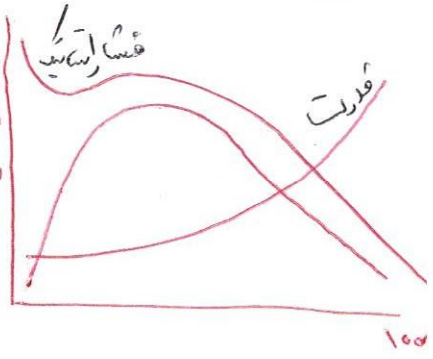
الف) انحناء به طرف جلو:

در این نوع بادزن انحناء تیغه ها در جهت چرخش محوری باشد.

همانطور که در منحنی مشخصه ی این نوع بادزن (شکل ۷۰-۳ صفحه ی ۱۶۰) دیده می شود فشار استاتیک بادزن با افزایش دبی هوای خروجی از بادزن تا میزان ۲۰٪ ظرفیت بادزن، کاهش یافته و پس از آن با افزایش دبی تا میزان ۴۰٪ ظرفیت بادزن افزایش می یابد از این نقطه به بعد با افزایش دبی هوا فشار استاتیک بادزن به شدت افت می کند. همچنین با افزایش دبی هوا قدرت دبی بادزن اضافه خواهد شد.



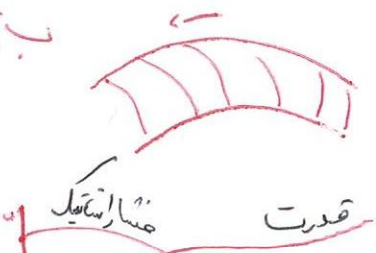
شکل

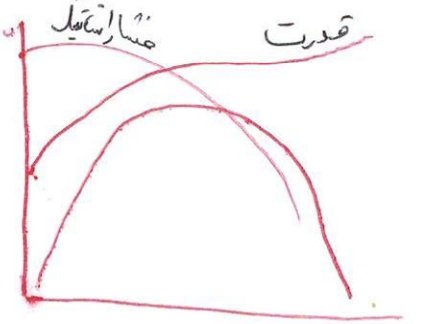


افزایش یا کاهش دبی خروجی از بادزن توسط دمپر انجام می شود.

ب) انحنا به طرف عقب

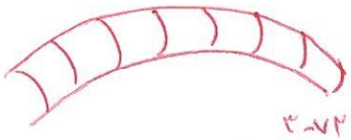
در این نوع بادزن انحنا تیغه ها به سمت عقب یعنی خلاف جهت چرخش محوری باشد بانگاهی به شکل منحنی مشخصه ی این نوع بادزن شکل (۳-۷۱) صفحه ی ۱۶۰ درمی یابیم که فشار استاتیک با افزایش دبی هوای خروجی از بادزن تا میزان ۲۰٪ ظرفیت آن افزایش یافته و سپس با افزایش دبی کم می شود قدرت نیز با افزایش دبی تا میزان ۶۵٪ ظرفیت بادزن افزوده شد



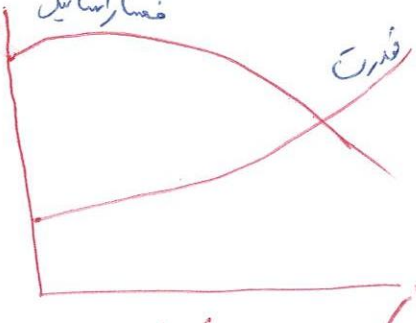


و بعد از آن کاهش می یابد بنابراین موتور با این نوع پروانه هیچ گاه تحت اضافه بار قرار نخواهد گرفت و به همین سبب این نوع بادزن در بین انواع بادزن ساختری خیلی از همه کم صدا است.

ج) بادزن نوع رادیان



در این نوع بادزن تیغه ها دارای انحنا می باشند از منحنی مشخصه این بادزن می بینیم که با افزایش دبی های خروجی از بادزن (با باز کردن تدریجی دمپر) قدرت به طور پیوسته افزایش می یابد.



از این رو همچنان که میزان هوای خروجی از بادزن افزایش یافته و به ۱۰۰٪ نزدیک می شود امکان خراب شدن موتور تحت اضافه بار وجود دارد و بادزنی که تحت اضافه بار کار کند تولید سرو صدا خواهد نمود.

نکته: اصولاً بادزن های رادیال از نظر خصوصیات چیزی بین دو نوع قبلی هستند و به دلیل نداشتن ویژگی های دلخواه به ندرت در تاسیسات تهویه مطبوع استفاده می شوند.

کاربرد بادزن های سانتریفیوژ:

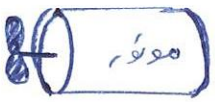
این بادزن ها به دلیل کارکرد کم صدا و کارایی عملیاتی کافی در فشارهای زیاد در بیشتر تاسیسات تهویه مطبوع مورد استفاده قرار می گیرند. به علاوه بادزن های سانتریفیوژ این امکان را دارند که اگر ورودی هایشان به دستگاهی با مقطع بزرگ متصل می شود خروجی شان به کانالی با مقطع نسبتاً کوچک اتصال یابد.

جریان هوا در این بادزن ها بر حسب چگونگی تو منبع هوا به سادگی توسط وسایل کنترل قابل تنظیم است.

این بادزن ها می توانند به طور مستقیم یا توسط تسمه و پولی به موتور اتصال یابند.

۲) بادزن های جریان محوری Axial Flow Rate

الف) نوع پروانه ای : این نوع بادزن در مواردی که برای تهویه یا تخلیه یک محل از سیستم کانال هوای استفاده نشود و مانعی بر سر راه جریان هوا نباشد (فشار استاتیک هد آن کمتر برابر $\frac{1}{2}$ اینچ آب) مورد استفاده قرار می گیرد و محل نصب آن روی پنجره یا بر سوراخ دیواری می باشد. پنکه های معمولی نیز از همین بادزن می باشد.



ب) نوع پره محوری : این نوع بادزن که در داخل یک لوله قرار گرفته است علاوه بر پنجه های متحرک دارای پنجه های هادی ثابتی در ورودی یا خروجی خود می باشد که کار آن ها جهت دادن به هوا است.

اگر پنجه های هادی در ورودی بادزن (قبل از پنجه های متحرک) نصب شوند وظیفه ی آن ها این است که هوا را به جهتی هدایت کند که زاویه ی برخورد هوا با پنجه های متحرک صفر شود

قرار گرفتن پنجه های هادی در این موقعیت مانع آشفتگی جریان هوا که سبب افت کارایی بادزن می گردد خواهد شد.

اگر پنجه های هادی در خروجی بادزن (بعد از پنجه های متحرک) نصب شوند کار آن فراهم آوردن مومنتم خروج به دورانی جریان هوا از بادزن می باشد.

بدین ترتیب مقدار انرژی که در بادزن های بدون پنجه های هادی تلف می شود در این نوع بادزن صرف افزایش فشار هوا می شود

ج) نوع پروانه مرکزی : این یک نوع بادزن جریان محوری معمولی است که در یک لوله قرار گرفته است ولی فاقد پنجه های هادی است پنجه های آن ممکن است تخت یا دارای انحنا باشند.

کاربرد: در تأسیساتی که مقدار هوای جریانی توسط بازن زیاد بوده و نیز زیاد بودن صدا از اهمیت چندانی برخوردار نباشد بازن های جریان محوری بر سانتریفیوژ برتری خواهند داشت.
لذا بازن های جریان محوری اغلب در تأسیسات تهویه صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند.

قوانین بازن ها

Q: دبی هوای جریانی
N: سرعت چرخش پروانه
P: فشار هوا
Hp: قدرت بازن
D: قطر پروانه بازن

سرعت:
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$
$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad (2)$$
$$\frac{HP_1}{HP_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad (3)$$

اندازه بازن:
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{HP_1}{HP_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \quad (4)$$
$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (5)$$
$$P_1 = P_2 \quad (6)$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad (7)$$
$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad (8)$$
$$\frac{HP_1}{HP_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^5 \quad (9)$$

مثال: اطلاعات زیر در دسترس است:

$Q_1 =$ دبی هوا ۳۳۱۲۰ cFM
$P_1 =$ فشار استاتیک: ۱٫۵ in.wg
$N_1 =$ سرعت چرخش بازن: ۳۸۲ rpm
$HP_1 =$ قدرت: ۱۰٫۵ bHP

مطلوب است دبی هوا (Q_2)، فشار استاتیک (P_2) و قدرت بازن (HP_2) اگر سرعت چرخش به ۴۴۰ rpm برسد

حل:

$N_2 = 440\ rpm$

(1) $\frac{33120}{Q_2} = \frac{382}{440} \Rightarrow Q_2 = 38150\ cFM$

(2) $\frac{1.5}{P_2} = \left(\frac{382}{440}\right)^2 \Rightarrow P_2 = 2\ in.wg$

$\left(\frac{382}{440}\right) P_2 = 1.5 \Rightarrow P_2 = \frac{1.5}{\frac{382}{440}}$

(3) $\frac{10.5}{HP_2} = \left(\frac{382}{440}\right)^3 \Rightarrow HP_2 = 14.1\ bhp$

(4)

تذکره: توضیع هوا از طریق این چهار دریچه نسبت به حالت الف مطلوب تر است ولی بر عوض هزینه کانال کشی اضافه می گردد.

۲- توضیع هوا از طریق دریچه های دیواری.

در این حالت ۴ دریچه دیواری هریک با دبی هوای ۷۵۰ CFM در نظر گرفته که باتوجه به سرعت مناسب برای توضیع هوا در فاز عمودی جدول ۳-۲۹ صفحه ۲۱۹ که بیشینه ۱۲۵۰ (FPM) می باشد به کاتالوگ صفحه ۲۹۵ مراجعه نموده و خواهیم داشت:

$$\text{A} = \frac{750\ \text{CFM}}{1250\ \text{FPM}} \xrightarrow{\text{ص ۲۹۵}} 8'' \times 24''$$

نکته: باتوجه به این که حداقل طول پرتاب هوا از دریچه دیواری باید ۷۵٪ عرض اتاق (در این مسئله ۳۲٫۵ = ۳۰×۷۵) باشد دریچه انتخابی از نظر سرعت و طول پرتاب هوا رضایت بخش است.

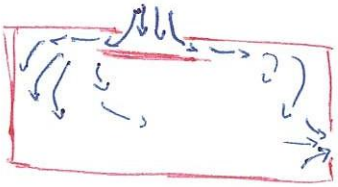
تذکره: باید سعی شود که فاصله ضلع بالایی دریچه از سقف کمتر از دو برابر ضلع کوچک (در اینجا ۱۶") نباشد.

تهویه مطبوع تابستانی ۲ جلسه اول B

۲- دریچه های سقفی: این دریچه ها که گاهی چراغ اتاق را هم در آن ها جاسازی می کنند بر چند نوع اند.

الف) پشتابی Pan Ceiling Outlet که ساختمان بسیار ساده ای دارند و تشکیل شده است از یک صفحه پشتابی که در زیر دهانه ورودی هوا نصب می شوند. قطر این صفحه باید به اندازه ای باشد که دهانه ورودی هوا را از نظر پنهان کند و همچنین فاصله ی آن از سقف باید قابل تنظیم باشد.

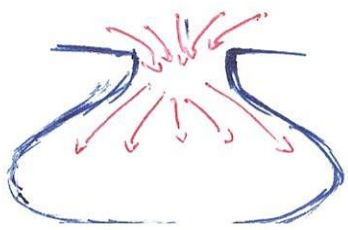
تذکره: گاهی ممکن است سوراخ هایی در این صفحه تعبیه شوند تا قادر باشند هوا را به صورت عمودی نیز به سمت پایین جریان پیدا کنند.



نکته: مزیت این نوع دریچه ها ارزانی و قیمت آن ها و پنهان کردن دهانه ورودی هوا است ولی نحوه توزیع هوا توسط آن ها چندان مطلوب نیست.

ب) دیفیوزری Diffuser Ceiling Outlet این نوع دریچه ی سقفی که در نوع پشتابی برتری دارد بالای ساختمان پیچیده تری است و به هوا اجازه می دهد تحت زاویه ی مناسبی به سرتاسر فضای اتاق پخش شود.

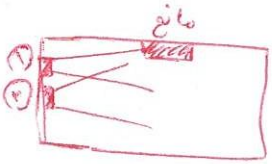
نکته: پره های این دریچه را می توان ماشه دمیر به وسیله ی یک کلید یا چاقوی مخصوص باز و بسته نموده و از این طریق دبی و شدت جریان هوا را تنظیم کرد، ضمناً چراغ روشنایی را می توان داخل آن جاسازی نمود. این دریچه ها به صورت گرد یا چهارگوش ساخته می شوند.

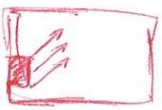


محل نصب دریچه‌های هوا

۱) محل نصب دریچه‌های ورودی هوا:

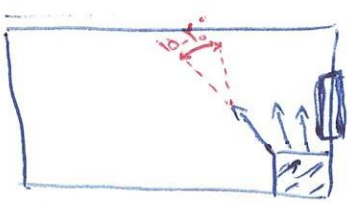
الف) دریچه‌های دیواری: در صورتی که سقف دالی مانع مزاحم نباشد نصب دریچه‌های ورودی دیواری در ارتفاع بالاتر و نزدیک سقف اولویت دارد.
در این حالت بهتر است فاصله‌ی ضلع بالای دریچه تا سقف کم‌تر از دو برابر ضلع دوم دریچه باشد.
اگر سقف دارای مانع مزاحم باشد، باید دریچه را آنقدر پایین آورد تا هوای خروجی از آن بدون برخورد با مانع جریان یابد.
نصب دریچه‌ی ورودی نزدیک به کف برای گرمایش مناسب است. ولی برای سرمایش چنین نیست مگر این که زاویه‌ی تیغه‌ها طوری تنظیم شود که هوا به سمت بالا فرستاده شود. تا باعث ناراحتی ساکنین نگردد اما در هر حال بهتر است از نصب دریچه‌ی ورودی نزدیک کف خودداری گردد.





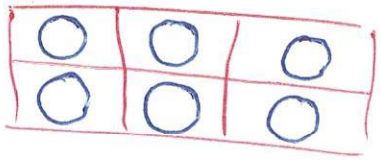
دریچه‌ی ۲ نسبت به ۱ بهتر است.

ثالثاً: نصب دریچه‌ی هوا در کنار پنجره به صورت ذیل بر تمام محل‌های نصب برتری دارد: چرا که مانع از نفوذ هوا از پایین پنجره به خصوص در فصل زمستان می‌شود. در این حالت باید جهت زاویه‌ی ۱۵ تا ۲۰ درجه نسبت به حالت معمولی به طرف اتاق جریان یابد.



ب ۲) دریچه های سقفی:

توجه نشان داده است که به کاربردن دریچه های سقفی از دریچه های دیواری آسان تر است. همان طور که در شکل دیده می شود سقف به شکلی مربع تقسیم می شود و در مرکز هر مربع یک دریچه سقفی قرار گرفته است.



نکته: اگر در تعیین محل نصب دریچه های ورود هوا مطابق اصولی که شرح داده شده عمل شود مشکلات توضیع هوا به حداقل ممکن کاهش خواهد یافت.

محل نصب دریچه های توضیع هوا در ساختمان های مختلف.

مثال ۲

گرم کردن و رطوبت زدن (در مورد شرایط زمستانی)

می خواهیم هوایی را از شرایط فایل $t_{db}=۳۵^{\circ}f$ و دمای مرطوب $t_w=۳۳^{\circ}f$ به شرایط هوای داخل ساختمان جا

① $t_{db}=۷۵^{\circ}f$, $t_w=۶۳^{\circ}f$

② $t_{db}=۷۲^{\circ}f$, $RH_۲=۵۰\%$

$t_{db}=۷۲^{\circ}$ و رطوبت نسبی $RH=۵۰\%$ برسانیم. با استفاده از نمودار مشخصات هوا تعیین کنید ① گرمای محسوس، گرمای نهان و گرمای کلی را که باید به هوا داده شود.

② مقدار رطوبتی که باید به هوا اضافه شود.

$h_۱=۱۲,۲$

$h_۲=۲۶,۵$

$h_s=h_{۲'}-h_۱=۲۱,۲-۱۲,۲=۹$ گرمای محسوس داده شده

$h_l=h_۲-h_{۲'}=۲۶,۵-۲۱,۲=۵,۳$ گرمای نهان داده شده

$h=h_۲-h_۱=۲۶,۵-۱۲,۲=۱۴,۳\left(\frac{BTU}{lb}\right)$ کل

قسمت (۲) گرمین برپوینت هوای خشک $w_1 = 11V$

" " " $w_2 = VV$

رطوبتی که باید از هوا گرفته شود، $w_1 - w_2 = 11V - VV = 4V$ گرمین بر هوای خشک

مخلوط کردن دو هوای مرطوب

مثال: ۱۸۰۰۰ CFM هوا با $t_w = VF$, $t_d = 80F$ با ۲۰۰۰ CFM هوا با $t_w = V9$, $t_d = 90F$ را مخلوط می‌کنیم. مشخصات هوای مخلوط را بیابید.

حجم مخصوص هوا $V_2 = V0F(t_d + 460)$ / $(P - RH \times P_s)$

فشار بارومتر $P = 29,9$

$RH_1 = 28\%$	$RH_2 = 61\%$
$P_{s1} = 0,46$	$P_{s2} =$
$w_1 = 31$	$w_2 =$
$h_1 = 24,0$	$h_2 = 29,0$
$V_1 = 13,V$	$V_2 = 14,31$

$$V_2 = \frac{V0F(80+460)}{(29,9 - \frac{28}{100} \times 0,46)} = 13,V$$

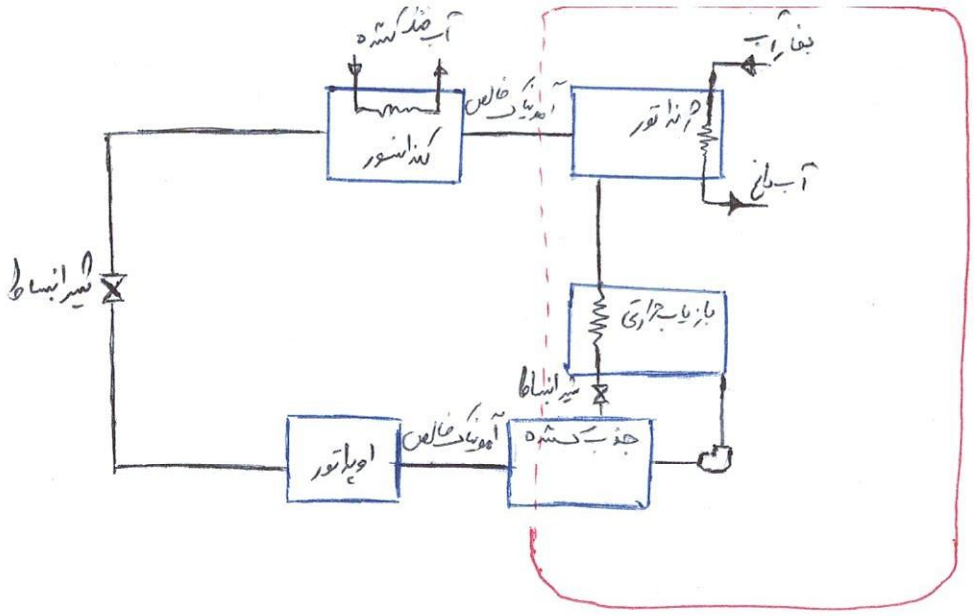
$$m_1 = \frac{Q_1}{V_1} = \frac{8000}{13,V} = 854 \text{ [lb/min]}$$

$$m_2 = \frac{2000}{14,31} = 140 \text{ [lb/min]}$$

$$t_{d_3} = \frac{m_1 t_{d_1} + m_2 t_{d_2}}{m_1 + m_2}$$

$$w_3 = \frac{m_1 w_1 + m_2 w_2}{m_1 + m_2}$$

$$h_3 = \frac{m_1 h_1 + m_2 h_2}{m_1 + m_2}$$



انتخاب چیلر از کاتالوگ:

لازم است مقادیر زیر را در دست داشته باشیم

① ظرفیت سرمایی چیلر برحسب تن تبرید (RT): ظرفیت سرمایی چیلر با احتساب ۱۰٪ ضریب اطمینان بابت افت قدرت و ظرفیت سرمایی چیلر ناشی از فرسودگی دستگاه در آینده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود

$$\frac{\text{ظرفیت سرمایی چیلر}}{(USRT)} = \frac{Q_t \times 1.1}{12000}$$

Q_t: بار سرمایی کل ساختمان

$[USRT]$ یک تن تبرید آمریکایی $= 12000 \left(\frac{BTU}{hr}\right)$

② دمای آب سرد خروجی از چیلر: این همان آب سردی است که به کویل‌ها و یا فن کویل و سپس ارسال می‌گردد دمای آب سرد خروجی از چیلر معمولاً بین $45^\circ F$ تا $50^\circ F$ می‌باشد.

③ دبی آب سرد خروجی از چیلر: که عبارتند از مقدار آب سردی که در کل سیستم جریان یافته و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$USGPM = \frac{Q_t}{5000}$$

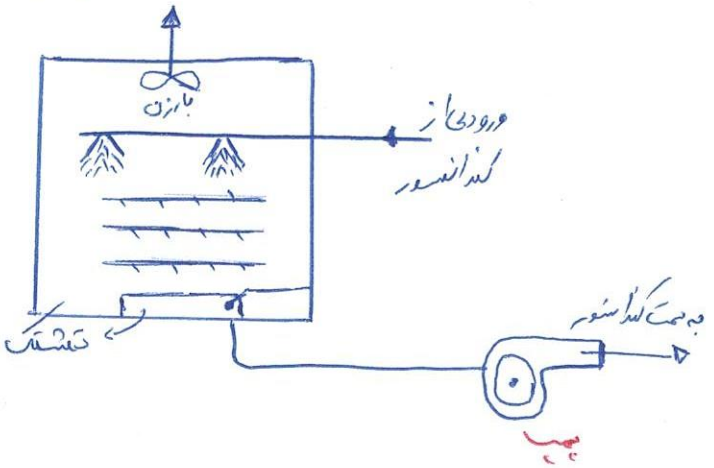
$USGPM$ = دبی آب سرد جریانی برحسب گالن آمریکایی بر دقیقه

$Q_t = [BTU/hr]$ بار سرمایی کل ساختمان

$$5000 = 1.33 \left[\frac{\text{جاذبه}}{\text{گالن}}\right] \times 60 \left(\frac{\text{دقیقه}}{\text{ساعت}}\right) \times [\text{اختلاف دمای آب سرد خروجی و برگشتی } 10^\circ F]$$

④ اختلاف دمای آب سرد ورودی و خروجی چیلر: که همان اختلاف دمای آب سرد رفت و برگشت سیستم است، معمولاً برابر $10^\circ F$ در نظر گرفته می‌شود

از آن جا به وسیله پمپ سیکولا تو برگشت داده می شود و این خزانه به طور پیوسته در تماس گاز می باشد.
سطح آب تشتک به وسیله یک شیر مجهز به شناور کنترل می شود تا آبی که در اثر تبخیر از دست می رود جبران گردد.



(۲) با جریان متقاطع که در آن آب از بالا به پایین و هوا به طور متقاطع با آن از پهلو برج جریان می یابد این نوع برج خنک کن بازوی پهلو برج تعبیه می شود. دمای آب ورودی به برج خنک کن که همان دمای آب خروجی از کندانسور می باشد معمولاً حدود 95°f و دمای آب خروجی آب برج خنک کن که همان آب ورودی به کندانسور است حدود 85°f در نظر گرفته می شود به این ترتیب آب ارسالی از کندانسور حدود 10°f خنک می شود.

انتخاب برج خنک کن از کاتالوگ

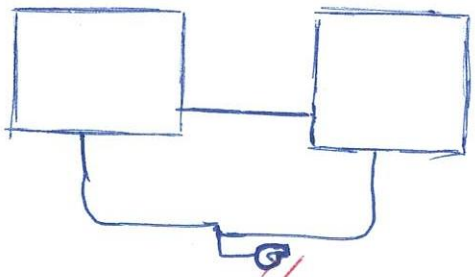
برای انتخاب برج خنک کن از روی کاتالوگ معمولاً به معلومات زیر احتیاج داریم:

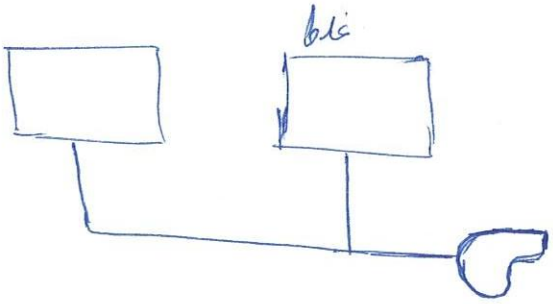
(۱) دمای مرطوب هوای خارج
(۲) دمای آب ورودی به برج خنک کن.
(۳) تقصان دمای آب در برج خنک کن. که عبارت است از اختلاف دمای آب ورودی خروجی برج خنک کن و معمولاً برابر 10°f در نظر گرفته می شود.
(۴) دمای آب خروجی از برج خنک کن

۵) دبی آب جریانی در برج خنک کن که همان دبی آب خنک شده کندانسور است. و همان گونه که قبلاً گفته شد معمولاً برابر ۳GPM و گاهی تا ۴GPM به اعضای هیئت تغییر ظرفیت سرمایی پیلدین فعال گرفته می شود.

نکته: در صورت زیاد بودن دبی آب جریانی گاهی لازم است چند برج خنک کن را با هم موازی نمایم که در این صورت باید هنگام اولیه کشی دقت کنیم تا افت فشار آب از پمپ تا تمام برج های خنک کن یکسان باشد.

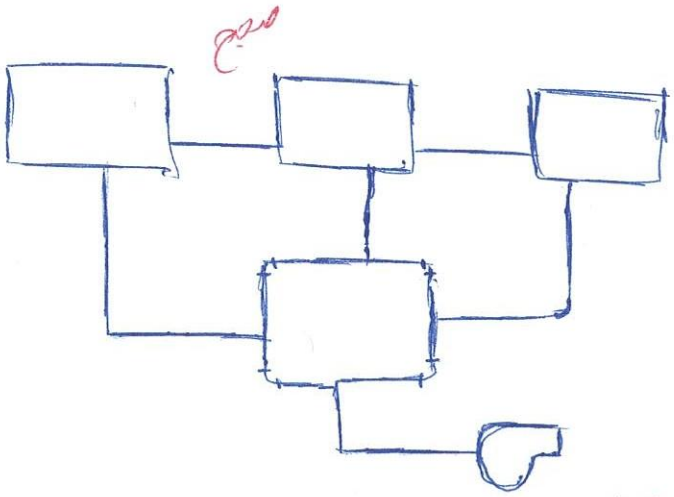
صحیح



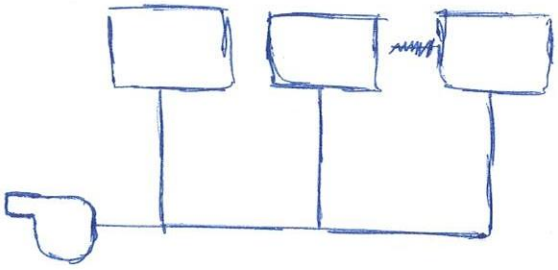


دو برج خنک کن

صحیح



غلط



سه برج خنک کن

تذکر: برج خنک کن را باید در فضای آزاد نصب نمود بهترین محل نصب برج خنک کن روی زمین و نزدیک مرکز تاسیسات می باشد ولی گاهی به علت محدودیت جا آن را روی سقف نیز نصب می کنند ولی باید دقت نمود که سقف ساختمان قدرت تحمل برج خنک کن

۵) دمای آب خروجی از کندانسور: منظور دمای خروجی آب خنک کننده کندانسور است که معمولاً بین ۸۵°F تا ۱۰۵°F این مقادیر گرفته می‌شود. اختلاف دمای آب ورودی و خروجی کندانسور معمولاً ۱۰°F می‌باشد.

۶) دمای تقطیر: که منظور دمای تقطیر بخار مبرد در کندانسور است و معمولاً مقدار آن بین ۱۰۰ تا ۱۲۵ فارنهایت در نظر گرفته می‌شود.

تذکر: معمولاً اطلاعات بالا برای انتخاب چیلر از روی کاتالوگ کافی است. سایر مشخصات از جمله فشار سمت آب و افت فشار در قسمت‌های چیلر، مشخصات الکتریکی و ابعاد دستگاه در کاتالوگ ارائه می‌شود.

دبی آب خنک کننده کندانسور:

معمولاً به ازای هر تن تبرید ظرفیت سرمایی چیلر ۳GPM آب جهت خنک کردن کندانسور منظور می‌گردد.

دبی آب خنک کننده کندانسور [GPM] = ۳ [GPM/TON] × ظرفیت سرمایی چیلر [TON]

۲) برج خنک کن و کندانسور تبخیری

الف) برج خنک کن: به منظور خنک کردن آب خروجی از کندانسور از دستگاهی به نام برج خنک کن استفاده می‌گردد. این دستگاه آب خروجی از کندانسور را از طریق تبخیر جزئی خنک نموده و به وسیله پمپ سیرکولاتور به کندانسور برگشت می‌دهد.

برج‌های خنک کن معمولاً به دو نوع ساخته می‌شوند.

۱) با جریان مخالف که در آن آب از بالا به پایین و هوا از پایین به بالا جریان دارد. هر ابدوبه بادزنی که در بالای برج قرار دارد از پایین به سمت بالا مکیده می‌شود و آب رسانی از کندانسور نیز به وسیله افشانک‌هایی از بالا بر روی صفحات متعددی که در داخل برج تعبیه شده اند ریزش می‌کند. قطرات آب افشانده شده بر روی صفحات منکسر شده و طول مسیر خود به تدریج می‌افزایند با هوا و تبخیر جزئی خنک شده در قسمت پایین برج جمع آوری می‌شود.