

مقدمه ای بر بخار در تهویه مطبوع

آرمان تامین بهسو

از: مهندس هومن صفی زاده

مأخذ: Valsteam ADCA



تله بخارهای ساخت شرکت Valsteam

مورد استفاده در سیستم های بخار

با توجه به افزایش هزینه های تولید انرژی، دانستن روشهای بهینه سازی مصرف و استفاده از راهکارهای جدید در ذخیره سازی انواع انرژی های تولیدی، از مهمترین نکات مورد توجه مدیران، مهندسين و کارشناسان فعال در صنایع کشور می باشد.

نظر به استفاده گسترده از بخار، به عنوان پرکاربردترین سیال حامل انرژی، شرکت آرمان تامین بهسو، با اجرای پروژه های موفق و انحصاری در مجتمع های بزرگ صنعتی نظیر پتروشیمی، پالایشگاه ها، کارخانجات و ... تصمیم به انتقال دانش و تکنولوژی روز در قالب مقالات تخصصی و آموزشی در زمینه سیستم های بخار و کندانس نموده است که به صورت پیوسته در این نشریه ارائه می گردد.

سیستم های گرمایشی بخار

در سال های اخیر، خانه ها و ساختمان های کوچک تمایل کمتری به نصب سیستم های گرمایشی بخار نشان داده اند، در عوض ساختمان های بزرگ و کارخانه های صنعتی همچنان در زمره بزرگترین مصرف کننده های بخار هستند. ما در اینجا قصد بیان مزیت های بخار نسبت به آب گرم، هوای گرم فشرده در انتقال حرارت را نداریم و فقط به این نکته اکتفا می کنیم که انتخاب نوع رسانه گرمایشی برای هر سیستم حرارتی مساله ای به شدت حیاتی است و هزینه ناشی از عدم انجام محاسبات دقیق، پیش از انتخاب نوع (رسانه گرمایشی) معمولاً بسیار زیاد است.

ارکان اصلی یک سیستم بخار عبارت است از:

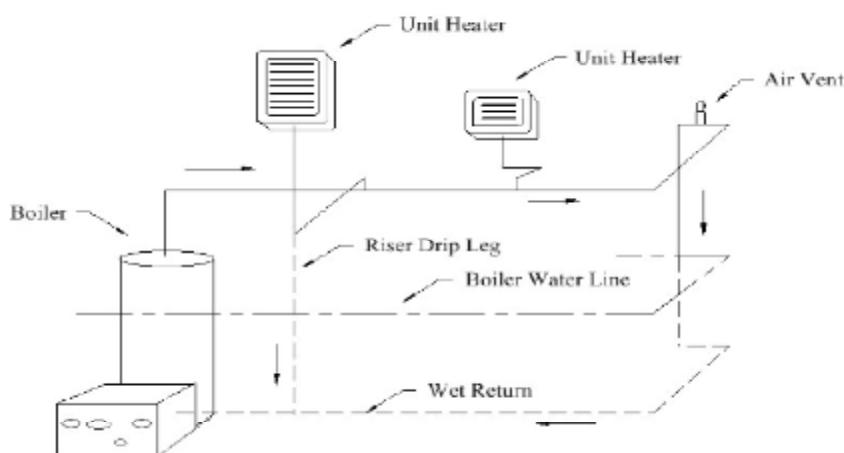
- روش تولید بخار (بویلر)
- روش انتقال بخار به محل های مصرف (خطوط انتقال و کنترل)
- تجهیزاتی برای استفاده از حرارت بخار به صورت بهینه (به طور مثال هیترها)

امروزه انواع گوناگونی از سیستم های بخار در دست استفاده اند و دسته بندی این سیستم ها بر اساس یک معیار کلی کمی دشوار است، اما شاید بتوان تمام انواع سیستم های بخار را به دو نوع سیستم های بخار یک خطی و سیستم های بخار دو خطی تقسیم کرد.

در نوع یک خطی سیستم بخار، بخار و کندانس در یک خط اصلی جریان می یابند و معمولاً یک لوله به هر واحد گرمایشی (مصرف کننده بخار) وصل شده است. بنابراین در این نوع سیستم های بخار و کندانس دست کم در بعضی از خطوط در خلاف جهت یکدیگر حرکت می کنند.

در سیستم دو خطی بخار، بخار و کندانس در خطوط کاملاً مجزایی حرکت می‌کنند و به هر مصرف کننده بخار دو خط لوله متصل شده است: ورودی بخار و خروجی کندانس. این دو دسته اصلی، هر کدام خود انواع مختلفی دارند که بستگی به روش بازگشت کندانس و فشار عملکرد مصرف کننده مربوط می‌شود.

سیستم های یک خطی گرانشی (ثقلی)



شکل (۱) سیستم یک خطی گرانشی (ثقلی)

همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، در این سیستم های بخاراز خط توزیع کننده اصلی مجاز به سوی هر کدام از هیترها جریان می‌یابد. سپس بخار در واحدهای حرارت دهی تبدیل به کندانس می‌شود و کندانس به همان خط لوله ای که بخار را آورده است باز می‌گردد. زمانی که کندانس به خط لوله اصلی می‌رسد، به کمک نیروی جاذبه به خط بازگشت می‌ریزد.

در بعضی موارد رایزرها مستقیماً به بازگشت وصل می‌شوند تا لازم نباشد کندانسی که به پایین رایزر می‌ریزد، تمام مسیر تا پایان خط توزیع اصلی را طی کند، تا به خط برگشت بازگردد. از آن جهت که بخار و کندانس در خط مشترکی و در جهت هم جریان دارند، لازم است تا سائز خطوط لوله با دقت بالایی محاسبه شوند تا از پدیده ضربه چکش جلوگیری شود.

هر چند در این نوع سیستم ها نیاز به تله بخار نیست، ولی لازم است تا به هر واحد گرمایشی یک دریچه هوا نصب شود تا از محبوس شدن هوادر سیستم جلوگیری شود. همچنین نیاز است تا یک دریچه هوای بسیار مرغوب در پایان خط توزیع اصلی بخار، جایی که به بازگشت می‌ریزد نصب شود. همچنین باید در هر واحد گرمایشی یک دریچه ایزولاسیون نصب شود. اما هرگز این شیر نباید جهت تنظیم بخار ورودی استفاده شود و تنها برای قطع کردن ورود بخار به تجهیزات جهت تعمیرات یا به طور کلی خارج کردن گرمای اضافی از سیستم استفاده شود. اگر این شیرها نیمه باز بمانند، کندانس باقی مانده در واحد گرمایشی موجب ایجاد ضربه چکش یا خوردگی سیستم خواهد شد. نکته دیگر اینکه این شیرها می‌بایست از نوع دروازه ای باشند. نصب شیر کروی معمولی فقط در صورتی ممکن است که در کنار خط باشند. در غیر این صورت شیر با جریان کندانس از فضای بخار تداخل پیدا می‌کند.

سیستم های یک خطی تبخیری

طرح خطوط این نوع سیستم ها مشابه سیستم های یک خطی گرانشی هستند، به جز آن که درپچه های هوا باید یک شیر کنترل کوچک داشته باشند تا از دوباره وارد شدن هوا به سیستم بعد از تخلیه شدن جلوگیری شود. این بدان معنی است که گاهی اوقات این نوع سیستم در فشار جو یا کمتر از آن عمل می کند، البته این تضاد، زمانی اتفاق می افتد که بخار سریع تر از آنکه تولید شود به مصرف می رسد.

مزیت عملکردها در فشار کمتر از جو آن است که در طول دوره های کم حجم کاری بویلر، زمانی که بخار کمی تولید می شود، فشار داخل واحدهای مصرفی ممکن است به کمتر از ۱۰ psia افت کند، چیزی در حدود ۵ psi کمتر از فشار اتمسفریک. از آنجا که دمای بخار بستگی به فشار آن دارد، فشار واحدهای گرمایشی هم افت خواهند کرد. به همین دلیل سیستم یک خطی تبخیری می تواند دمای یکنواخت بیشتری را در مقایسه با سیستم جاذبه ای معمولی نگه دارد. به طور کلی در ساختمان های کوچک و مکان هایی که هزینه نصب کمتر خواهد بود، سیستم های یک خطی کاربرد بیشتری دارند. اما در یک ساختمان بزرگ، هزینه سیستم یک خطی به احتمال زیاد بیشتر از هزینه نصب سیستم دو خطی خواهد بود، این به دلیل نیاز به وجود لوله بیشتر و بزرگتر در سیستم خواهد بود. توجه کنید که بخار و کندانس در سیستم یک خطی هر دو باید تمام خط اصلی را طی کنند

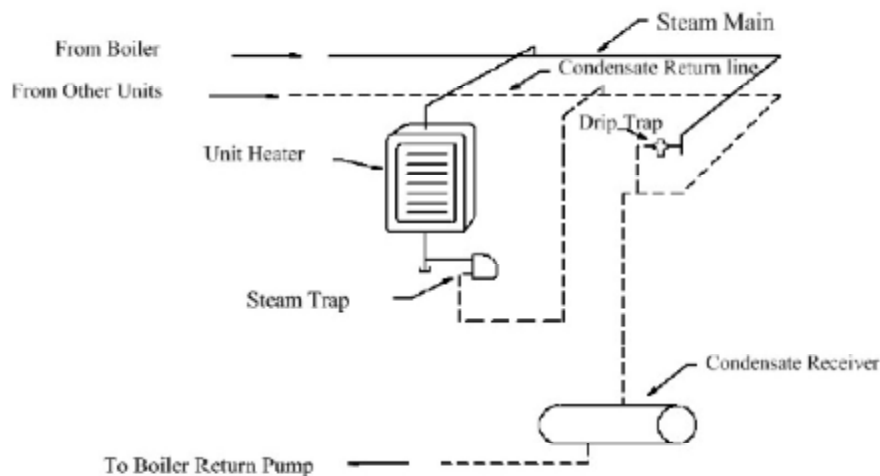
همچنین ضعف دیگر سیستم های یک خطی در طرح های بزرگ، دشواری بسیار زیاد تنظیم دقیق دما در سراسر سیستم است. سیستم های یک خطی امروزه خیلی کمتر استفاده می شوند، مگر در ساختمان های قدیمی. حتی در این چنین مواردی هم استفاده از آن ها رو به کاهش است.

سیستم های گرانشی دو خطی (two pipe gravity)

در این گونه سیستم ها برای هر واحد حرارتی دو خط مجزا برای تامین بخار و بازگشت کندانس وجود دارد و هیچ تله بخاری در سیستم نصب نیست. از این رو کندانس به طور مستقیم به خطوط بازگشت می ریزد. این نوع سیستم ها هم تمام معایب سیستم یک خطی گرانشی را نیز دارد و امروزه به جز در طراحی های قدیمی، هرگز سیستم گرانشی دو خطی دیده نمی شود. در گذشته تله های بخار بسیار بزرگتر و گرانتر از انواع امروزیشان بودند و البته کارایی شان هم بسیار کمتر بود. در چنان شرایطی شاید برای استفاده از سیستم های گرانشی دو خطی که از تله های بخار استفاده نمی کنند توجیهی وجود داشت. هرچند امروزه استفاده از تله های بخار و سیستم های معمول تقلیل فشار برای هر واحد مصرف کننده بخار و خطوط کوچکتر برای بازگرداندن کندانس، کاملاً منطقی است.

سیستم های فشار دو خطی (two pipe pressure system)

سیستم های فشار دو خطی و سیستم های تبخیری دو خطی به میزان غیر قابل مقایسه ای معمول ترین و بهترین نوع سیستم های حرارتی بخار هستند. سیستم های بخار پر فشار، از بخار با فشار بالاتر از ۱۵ psig و سیستم های کم فشار از بخاری بین ۰ تا ۱۵ psig استفاده می کنند. این تقسیم بندی فقط جنبه قراردادی دارد و تنها تفاوت عمده میان این طراحی ها آن است که در یک سیستم پر فشار، کندانس می تواند به کمک فشار تا سطحی بالاتر از خط اصلی توزیع برده شود.



شکل (۲) سیستم های فشار دو خطی

سیستم های فشاری بیشتر در سازه های بزرگ صنعتی که هیترهای متعدد و یا کوره های پخت بزرگ دارند و یا در مواردی که بخار با فشار بالا برای تکمیل پروسه لازم است، استفاده می شوند. وقتی بخار فقط برای مصارف گرمایشی تولید می شود، معمولاً سیستم های تبخیری یا خلا استفاده می شود.

اگر واحدهای حرارت مثلاً رادیاتورها، در دمای خیلی بالایی کار کنند، ممکن است بعضی نواحی فضای سالن بیش از اندازه گرم شوند. برای نمونه دمای سطح یک رادیاتور که با بخار ۱۰۰ psig کار می کند، تا ۳۳۰ F گرم می شود. حتی اگر سایز و نوع این رادیاتور برای انتقال گرمای مورد نیاز به اتاق درست انتخاب شده باشند، برای فردی که روبروی رادیاتوری با دمای ۳۳۰ F بایستد مانند این است که مقابل شعله های آتش سرکشی ایستاده باشد: روبرویش داغ و پشت سرش سرد خواهد بود. از سوی دیگر، اگر بخار در فشار اتمسفریک به رادیاتورها برسد، دمای سطح رادیاتور حداکثر به ۲۱۰ F خواهد رسید. هر چند در مقایسه با رادیاتوری که در فشار ۱۰۰ psig کار می کند، رادیاتور بزرگتری با فشار اتمسفریک لازم است تا اتاق را به همان اندازه گرم کند، ولی مزیت این رادیاتور بزرگتر آن است که اتاق را به صورت یکنواخت تر و مطلوب تری گرم خواهد کرد. همین نکته در مورد سیستم های با واحد های حرارتی (unit heater) درست است. یک واحد حرارتی که با فشار بالای بخار کار می کند، ممکن است دمای هوایی بیش از حد مطلوب بالایی تولید کند.

هوای گرم وزیده شده به اتاق برای اهداف حرارتی، چه توسط لوله های انتقال حرارت و چه توسط هیترها باید ۵۰ یا ۶۰ F بالاتر از دمای اتاق باشد. اگر هوا گرمتر از این باشد، موجب شکایت ساکنین اتاق به خاطر جریان بیش از اندازه هوای داغ و دمای نامطلوب خواهد شد.

یک دلیل خوب دیگر برای جلوگیری از خیلی داغ شدن دمای هوای اتاق توسط هیترها و یا وسایل مشابه، آن است که هوای گرم چگالی کمتری از هوای سرد دارد (سبکتر از هوای سرد است). به همین خاطر در سطح بالای اتاق، نزدیک سقف می ماند و نقش موثری در دمای اتاق نخواهد داشت.

بیشتر تجهیزات حرارتی برای کار کردن با فشار بخار ۲ psig ساخته شده اند و اگر با فشاری بالاتر از این استفاده شود، مشکل نگهداری سیستم هم به مشکلات فوق اضافه خواهد شد.

از مهمترین دلایل استفاده از بخار در فشار پایین در مصارف گرمایشی، اهمیت گرمای نهان بخار است. به یاد آورید که این گرمای نهان بخار است که در هنگام تبدیل شدن به کندانس از بین می رود و بخار با فشار پایین در مقایسه با بخار پر فشار مقدار بیشتری گرمای نهان در هر واحد وزن دارد.

بنابراین دو مزیت اصلی فشار بخار پایین عبارت است از :

- فشار بخار پایین به طور یکنواخت تر و بهتری حرارت دهی می کند و گرمای نهان بیشتری در هر واحد وزن با خود حمل می کند.

- تولید بخار با فشار پایین هزینه کمتری دارد. (مزیت بسیار مهم)

البته توزیع فشار بخار پایین نیاز به لوله هایی با حجم بالاتری دارد، چراکه نسبت حجم به وزن فشار بخار پایین به مراتب بیشتر از فشار بخار بالاست. برای مثال در فشار اتمسفریک صفر psig، یک پوند بخار فضایی معادل ۲۶.۸ فوت مربع اشغال می کند در حالی که در فشار ۱۰۰ psig، یک پوند بخار فقط ۳.۸ فوت مربع اشغال میکند.

سیستم های تبخیری دو خطی (two-pipe vapour systems)

تفاوت اصلی میان سیستم های تبخیری دو خطی و سیستم های دو خطی بخار آن است که در شیر تخلیه هوای سیستم های تبخیری یک شیر یک طرفه تعبیه شده است تا از بازگشت دوباره هوا به سیستم جلوگیری کند. بنابراین این نوع سیستم ها قادرند در فشارهای پایین تر از اتمسفریک هم عمل کنند یعنی در شرایط بخار با فشار پایین یا اصطلاحاً شرایط کم شعله یا در دوره های متناوب گرمایشی. البته این فشار کمتر، خروجی حرارت کمتری هم در واحدهای انتقال حرارت به دنبال خواهد داشت و در عمل کنترل تدریجی و دقیق حرارت هم امکان پذیرتر خواهد بود، و در نتیجه توزیع یکنواخت حرارت یکی دیگر از مزایای این نوع سیستم هاست.

شرح سیستم های حرارتی (heating system details)

خطوط تامین (supply piping)

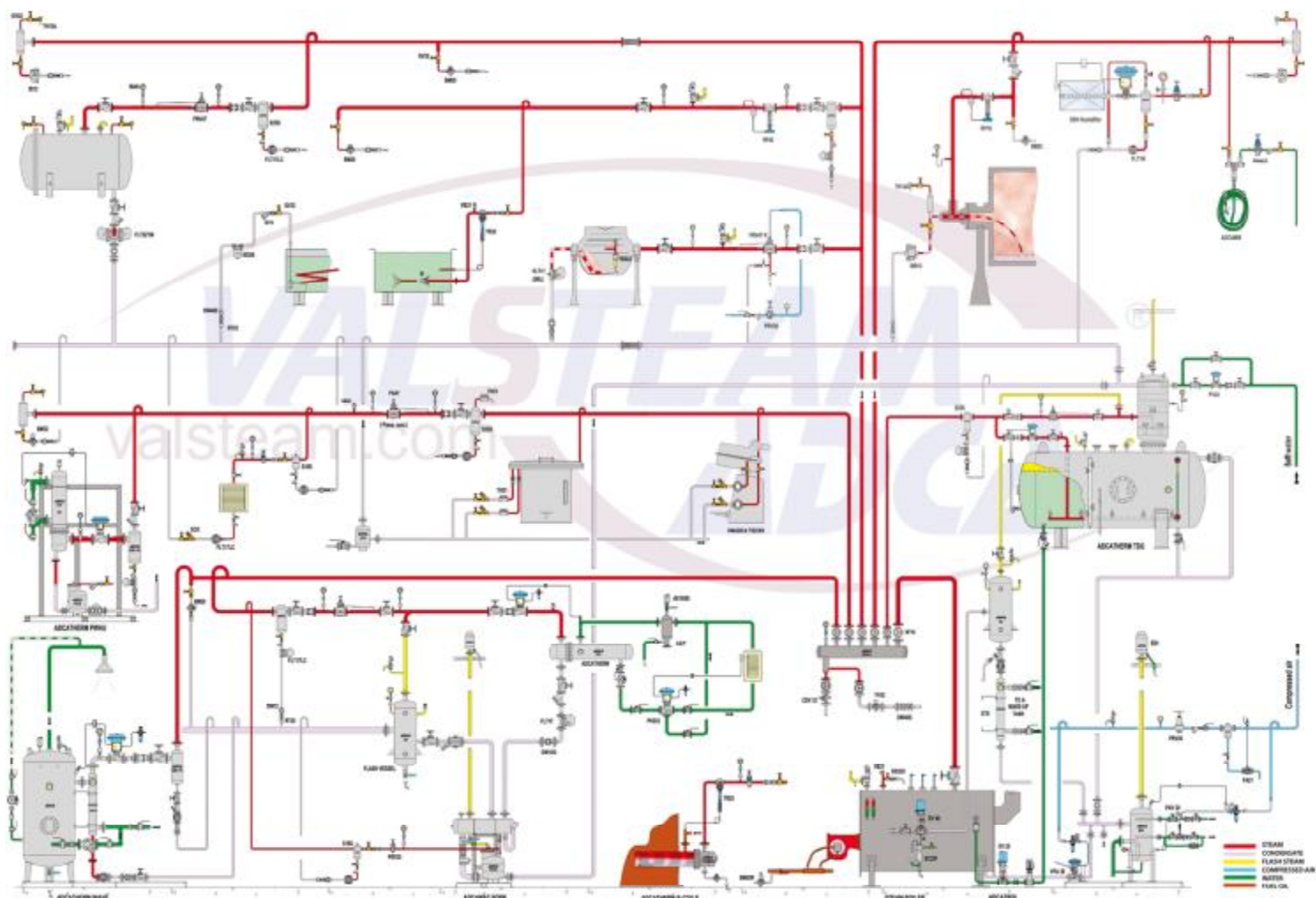
به طور کلی خطوط تامین بخار باید با شیب ملایمی از محل بویلر به سمت دورترین نقاط مصرف برده شوند و در طول مسیر (حدوداً هر ۱۵ متر) و در محل مصرف بخار، تله های بخار به درستی نصب شوند. در واقع در هر نقطه که ممکن است کندانس جمع شود باید تله بخار نصب کرد. مثلاً در لیفت های عمودی یا نقطه پایین در خط توزیع یا در هر ۱۰۰ ft در خط اصلی توزیع بخار. بحث توزیع بخار و لوله کشی مربوط به آن به طور مفصل در بخش های بعدی توزیع داده شده است.

سیستم های مرکزی و سیستم های واحدی (central systems and unit systems)

بیشتر ساختمان های بزرگ و تقریباً تمام ساختمان های کوچک، از سیستم مرکزی برای حرارت دهی استفاده می کنند، فرایندی که معمولاً در آن در بعضی نقاط مرکزی ساختمان هوا گرم، سرد، فیلتر و غیره می شود و سپس توسط صفحه ها یا لوله های رسانه گرما به اتاق های مختلف فرستاده می شود. یک یا چند کویل بزرگ بخار در هوا را گرم می کنند. از سویی دیگر در سیستم واحدی برای هر اتاقی از یک مبدل حرارتی استفاده می شود که حرارت خود را از بخار تامین می کند. این واحدهای حرارتی ممکن است رادپاتور، مبدل، یونیت هیتر و ... باشند.

در سیستم مرکزی، هوای گرم در طول ساختمان از طریق کانال حرکت می کند و به کمک بادزن ها وارد اتاق می شود. در سیستم واحدی بخار یا آب گرم در لوله ها در تمام ساختمان توزیع می شود و به بادزن های هر اتاق می رسد. مزیت مهم سیستم نوع مرکزی آن است که به سادگی می توان سیستم خنک کننده را هم به کانال اضافه کرد و هوا هم می تواند در یک جا فیلتر شده، یا مرطوب شود، و یا خشک شود.

در مقابل سیستم های واحدی مزیت انعطاف پذیری دارند، چراکه واحدهای حرارتی به تنهایی قابل کنترل هستند، به عبارت دیگر می توان دمای هر اتاق را به صورت جداگانه تنظیم و نگهداری کرد و یا مثلاً می توان واحدهای حرارتی در اتاق های بلا استفاده را به راحتی از سیستم خارج کرد. همچنین در سیستم واحدی، اضافه کردن یا کم کردن و یا تغییر دادن سیستم حرارتی در شرایط لازم به نسبت ساده تر است.



طرح تولید، انتقال و مصرف بخار طبق استاندارد

VALSTEAM ADCA