امکان‌سنجی استفاده از لوله‌های گرمایی در تهویه مطبوع جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی

روزبه ملاعباسی* سیدحسن نوعی
گروه مهندسی شیمی دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد
پست الکترونیکی: ro_mo93@stu-mail.um.ac.ir

چکیده

این مقاله با استفاده از قوانین ترمودینامیکی، بررسی می‌کند که مبادله‌کننده‌های لوله‌گرمایی می توانند در سیستم‌های تهویه‌مطبوع، برای پیش سردسازی و پیش گرم سازی بسیار راضی کننده باشند. در مناطق مرطوب و بسیار گرم از پارامترهای بسیار مؤثر در تهویه مطبوع، میزان رطوبت موجود در خروجی سیستم است که کاهش این میزان رطوبت، انرژی بسیاری را تلف می‌کند. لوله‌های گرمایی به خاطر هدایت حرارتی خیلی بالا، به صورت اختلاف دمای کم بین بخش تبخیرکننده و قسمت چگالنده دارای اهمیت بسزایی است.مورد دیگری که شاید به همین اندازه قابل توجه باشد، فقدان هر نوع پمپ و یا منبع قدرت اضافی جهت انتقال حرارت از چشمه حرارتی به حفره حرارتی است. از جمله دیگر خصوصیات مهم لوله حرارتی، امکان کنترل دما و شار حرارتی است. در مرحله پیش سردسازی در پایین مبادله‌کن لوله‌گرمای در حدود ۱۰ درصد مصرف انرژی کمپرسور را کاهش می دهد. در مرحله پیش گرم‌سازی در بالای مبادله‌کن لوله‌گرمای در حدود ۵۰ درصد مصرف انرژی گرمکن نهایی راکاهش می دهد.

واژگان کلیدی: تهویه‌مطبوع، مبادله‌کننده‌های لوله‌گرمایی، ترموسیفون، رطوبت، بهینه‌سازی مصرف انرژی.

مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و افزایش تقاضای انرژی و قیمت آن در دنیا، امروزه از مهم‌ترین مباحث مطرح شده در مجامع علمی و تحقیقاتی بهینه‌سازی مصرف انرژی است.یکی از پر کاربردترین بخش‌های صنعت و حتی زندگی روزمره انسان‌ها، تهویه مطبوع است. تکنولوژی تهویه مطبوع به گونه‌ای است که میزان اتلاف انرژی در آن بسیار زیاد است. نظر به اهمیت بهینه‌سازی در مصرف انرژی در این مقاله امکان‌سنجی استفاده از لوله‌های گرمایی در سیستم‌های تهویه مطبوع مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صنایع مختلف مقدار زیادی انرژی به هدر می‌رودکه با استفاده از یک مبادله‌کن حرارتی مناسب می توان مقداری از آن را بازیابی کرد. کلید اصلی در بازیافت حرارت اتلافی این است که بتوان کاربردهای مناسب برای استفاده از این انرژی و هم‌چنین یک وسیله یا روش عملی کم‌هزینه برای ارتباط دادن هر منبع به‌کاربردش را پیداکرد. بازیابی انرژی می تواند برای نیل به یکی از اهداف زیر انجام پذیرد:

تولید بخار، گرمایش آب تغذیه دیگ بخار، گرمایش هوای احتراق (پیش‌گرمکن هوا)، داغ (سوپرهیت) کردن بخار، گرمایش ساختمان‌ها، گرمایش فرآورده‌ها در حین فرآیند تولید، تبخیر یک فرآورده در حین فرآیند تولید، گرمایش هوا برای خشک کن‌ها، بازیافت حرارتی در سیستم‌های تهویه مطبوع.

در سیستم‌های تهویه مطبوع برای کاهش میزان رطوبت موجود در هوای ورودی، ابتدا هوا را تا حدود ۹ درجه سانتیگراد سرد می‌کنند تا رطوبت آن گرفته شود. این هوا برای ورود به داخل سیستم بسیار سرد

است. بنابراین دمای آن را تا حدود ۱۸ درجه سانتیگراد بالا می‌برند که این کار سبب کاهش رطوبت نسبی هوا تا میزان ۷۰ درصد می‌شود که شرایط مناسبی برای هوای ورودی به سیستم است. در این مقاله برای اولین بار در ایران امکان‌سنجی استفاده از لوله‌های گرمایی در تهویه مطبوع مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای استفاده از لوله‌های گرمایی در تهویه مطبوع دو روش پیش‌بینی شده است که از نظر ترمودینامیکی مقایسه و بررسی می‌شود.

۲- شرایط آسایش

بنا به تعریف، شرایط آسایش به شرایطی از هوا گفته می‌شود که ۹۷ درصد افراد احساس راحتی کنند. رسیدن به شرایط ایده‌آل بسیار دشوار می‌باشد. زیرا شرایط آسایش[1] برای منطقه‌ای با منطقه دیگر متفاوت است. مثلاً افرادی که در کوهستان یا نقاط مرتفع زندگی می‌کنند، احساس متفاوتی از آسایش نسبت به افرادی که در کویر زندگی می‌کنند، دارند.

سه فاکتور مهم که در ایجاد آسایش انسان نقش مهمی را بر عهده دارند عبارتند از:

دمای هوا، رطوبت نسبی، حرکت هوا

انجمن مهندسین سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع آمریکا[2] پس از سال‌ها مطالعه بر روی صدها نفر در شرایط مختلف آب‌وهوایی، به مفهوم دمای مؤثر که نشان دهنده رابطه بین سه پارامتر ذکر شده است، دست یافتند. دمای مؤثر به صورت اندازه‌گیری میزان آسایش انسان که شامل ترکیبی از دمای خشک هوا، رطوبت نسبی و حرکت هوا می‌باشد، بیان می‌شود. بر طبق این نظریه در این دما افراد احساس راحتی می‌کنند. به طوری که برای یک سرعت هوای مشخص شرایط مختلفی از ترکیب دمای خشک و رطوبت نسبی وجود دارد که می‌تواند همان احساس آسایش را در درصد بالایی از افراد ایجاد کند. در این حالت گفته می‌شود که همه این ترکیبات دارای یک دمای مؤثر می‌باشند. [۱]

۹۸ درصد افراد مورد آزمایش برای تابستان دمای ۲۵°C و رطوبت نسبی ۵۰ درصد را مناسب می‌دانند و همین افراد در زمستان دمای ۲۲°C و رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ درصد را ترجیح می‌دهند. [۱]

۳- سیستم‌های کولرگازی

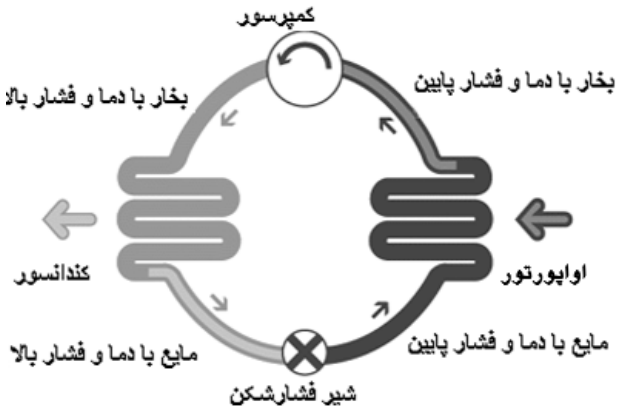
بهترین تکنولوژی در تهویه مطبوع و کنترل رطوبت، سیستم‌های کولرگازی است. مکانیسم کار کولرگازی مشابه کار یخچال برقی است. در یک یخچال برقی چهار قسمت عمده در سیکل تبرید (شکل ۱) آن وجود دارد.

اواپورتور[3] که همان قسمت یخدان یخچال است.

کمپرسور که همان موتور یخچال است.

کندانسور[4] که همان لوله‌های سیاه پشت یخچال است.

شیر انبساطی یا لوله مویین.



شکل ۱. سیکل تبرید

این چهار قسمت در سیستم یخچال برقی توسط مدار لوله‌کشی مسی به یکدیگر متصل هستند و در داخل مدار ماده ای به نام فریون -که همان مایع مبرد است- وجود دارد. علت استفاده از این مبرد، پایین بودن نقطه جوش آن است [۲]. (در سال‌های اخیر متوجه شده‌اند که این گاز برای لایه ازون ضرر دارد و کارخانه‌جات تولید سیستم تبرید به دنبال گازهای جایگزین هستند.)

سیکل ترمودینامیکی در یخچال برقی به این صورت است که فریون کم فشار که در لوله‌های اطراف یخدان وجود دارد گرمای مواد غذایی موجود در یخدان را جذب کرده و تبخیر می‌شود و سبب می‌شود مواد غذایی با دادن گرما، منجمد شوند. به موازات آن، کمپرسور، فریون تبخیر شده را می‌مکد و دما و فشار آن را افزایش داده و به طرف لوله‌های سیاه پشت یخچال که همان کندانسور است، هدایت می‌کند. به دلیل این‌که این لوله‌ها مارپیچ و طولانی هستند، با عبور فریون با فشار زیاد از این لوله‌ها، دما کاهش یافته و گرمای خود را به محیط می‌دهند و بخار فریون به مایع فریون با فشار بالا تبدیل می‌شود. سپس این مایع پرفشار از شیر انبساط عبور کرده و فشارش کاهش می‌یابد و مجدداً وارد اواپورتور یا همان یخدان شده و آماده جذب گرما از مواد غذایی می‌شود. [۲]

سیکل ترمودینامیکی کولرگازی مشابه یخچال برقی است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، سیال کار به صورت بخار با دما و فشار پایین وارد کمپرسور شده، در آنجا فشار و دمایش بالا می‌رود. سپس وارد کندانسور شده، گرمای خود را به محیط می‌دهد و به مایع با دما و فشار بالا تبدیل می‌شود. سپس وارد شیر فشار شکن شده و به مایع با دما و فشار پایین تبدیل می‌شود. در نهایت از قسمت اواپورتور گذشته و با گرفتن گرمای محیط به بخار با فشار و دمای پایین تبدیل می‌شود. قسمت اوپوراتور سبب گرفته‌شدن دمای محیط (سرمایش) می‌شود. در زیر معایب و محاسن این سیستم‌ها را مشاهده می‌کنید.

1-Comfort
2-American Society of Heating and Air condition Engineers(ASHRE)
3-Evaporator
4-codensor

• معایب

مصرف برق زیاد، صدمه زدن به نمای ساختمان برای نصب

• محاسن

کنترل دما، مناسب برای تمام مناطق به خصوص مناطق شرجی. [۱]

۴- اصول عملکرد لوله‌های گرمایی

برای کاهش میزان انرژی مصرفی بهترین راه استفاده از تکنولوژی نوین لوله‌های گرمایی است. یک لوله گرمایی وسیله ساده‌ای است که می‌تواند گرما را به سرعت از یک نقطه به نقطه دیگر انتقال دهد. از لوله‌گرمایی اغلب به عنوان فوق رسانای گرمایی[1] یاد می‌شود. لوله‌های‌گرمایی دارای ظرفیت گرمایی فوق‌العاده‌ای هستند درحالی‌که اتلاف حرارتی آن‌ها تقریبا" ناچیز است. لوله‌گرمایی در واقع یک محفظه بسته خلاء شده است که محتوی یک ساختار فتیله‌ای و یک سیال عامل در دو فاز مایع و بخار می‌باشد. اجزای لوله‌گرمایی عبارتند از:

۱- محفظه بسته[2]

۲- سیال عامل[3]

۳- فتیله[4] [۳]

تفاوت ترموسیفون و لوله‌های‌گرمایی در این است که لوله‌های‌گرمایی می‌توانند گرما را در خلاف جهت نیروی گرانش منتقل کنند و این کار را به کمک فتیله انجام می‌دهند؛ و همین عامل، باعث برتری لوله‌های‌گرمایی نسبت به ترموسیفون شده است. [۴]

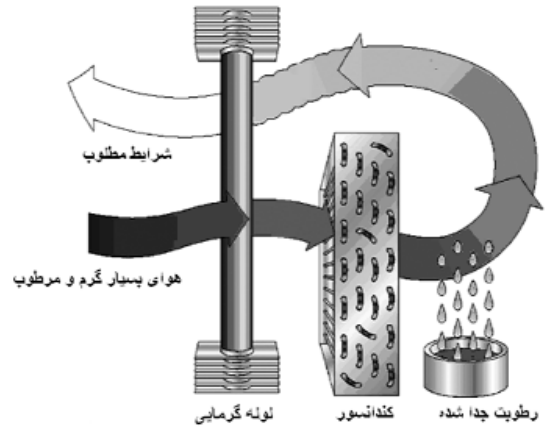
به تازگی لوله‌های‌گرمایی در سیستم‌های تهویه مطبوع مورد استفاده قرارگرفته‌اند، با استفاده از لوله‌های‌گرمایی رطوبت‌زدا، رطوبت نسبی در فضا را می‌توان کاهش داد.

۵- امکان‌سنجی ترمودینامیکی استفاده ازلوله‌های‌گرمایی در تهویه مطبوع

سیستم‌های تهویه مطبوع متعارف به طور معمول کمتر از ۳۵ درصد ظرفیت خود را برای رطوبت‌زدایی و بقیه را برای سرمایش استفاده می‌کنند. بنابراین اگر میزان رطوبت زدایی بیش از ۳۵ درصد باشد، موجب کاهش شدید دمای خشک هوا می‌شود. ورود هوای سرد به اتاق می‌تواند باعث پدید آمدن شوک در ساکنان اتاق شود. استفاده از مبادله‌کن لوله‌گرمایی می‌تواند منجر به کاهش یا حذف سرمایش زیاد و گرمایش دوباره را در پی داشته باشد، از این رو مصرف انرژی، هزینه نگهداری و سرمایه‌گذاری اولیه سامانه‌ها کاهش می‌یابد.

لوله‌های‌گرمایی با استفاده ازگرمای گرفته شده از هوای ورودی (هوای قبل ازکویل‌های سرماساز)، هوای خروجی را دومرتبه گرم می‌کند (شکل ۲) و به این صورت، هوای مطبوعی فراهم می‌شود.

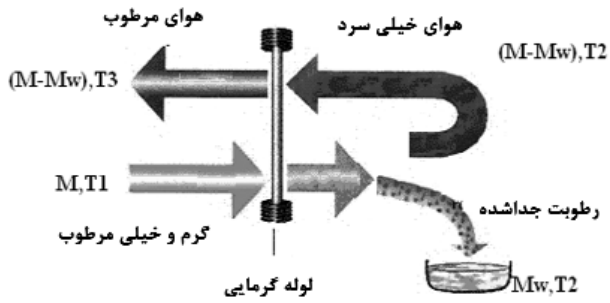
استفاده از لوله‌های مبادله‌کن‌گرمایی به منظور ایجاد تهویه مطبوع،



شکل ۲. مبادله‌کن لوله‌گرمایی در تهویه مطبوع

می‌تواند به دو روش انجام گیرد.

در روش اول، به طورکامل کندانسور حذف شده (شکل ۳) و با انتخاب سیال‌کار مناسب در مبادله‌کن لوله‌گرمایی و ابعاد مبادله‌کن و نوع حلقوی پره‌ها، عمل کندانس به طورکامل روی خود مبادله‌کن لوله‌گرمایی صورت می‌گیرد. در این حالت هوای خروجی از پایین مبادله‌کن لوله‌گرمایی برای ورود به سیستم بسیار سرد خواهد بود. بنابراین آن را به صورت برگشتی به بالای مبادله‌کن منتقل کرده تا به دمای مناسب برای ورود به محیط برسد. سیستم شرح داده شده را در شکل زیر مشاهده می کنید.



شکل ۳. سیستم تهویه‌مطبوع با حذف کندانسور

همان‌طورکه در شکل ملاحظه‌می‌شود، هوای گرم و مرطوب از روی پره‌های پایین مبادله‌کن لوله‌گرمایی (اواپورتور) عبورکرده وگرمای خود را به سیال‌کار مبادله‌کن لوله‌گرمایی می‌دهد. طی این فرآیند سیال‌کار بخار شده، به بالای مبادله‌کن لوله‌گرمایی (کندانسور) می‌رود و در عوض هوای عبوری سرد شده و بخار داخل آن‌کندانس شده و جدا می‌شود. این هوای خروجی از قسمت اوپوراتور مبادله‌کن لوله‌گرمایی، برای ورود به محیط بسیار سرد می‌باشد. بنابراین به قسمت بالای مبادله‌کن (کندانسور) منتقل شده، گرمای مورد نیاز خود را از سیال‌کار بخار شده داخل مبادله‌کن گرفته، به صورت هوایی با رطوبت مطلوب و دمای مناسب وارد سیستم می‌شود. سیال‌کار بخار شده نیز گرمای خود را از دست‌داده، مایع شده و

1-Super Conductor 2-Container 3-Working Fluid 4-Wick

توسط نیروی موبینگی یا گرانش به قسمت پایین مبادله‌کن لوله‌گرمایی (اواپورتور) منتقل می‌شود.

برای پی بردن به صحت عملکرد این سیستم موازنه انرژی را در اطراف مبادله‌کن لوله‌گرمایی نوشته می‌شود.

موازنه انرژی در قسمت پایین مبادله‌کن لوله‌گرمایی:

Input-Output=accumulation [۲]

$$MC_{Pair}T_1 = (Mh)_{HP} + M_W C_{Pwater} T_2 + (M - M_W) C_{Pair} T_2 \quad (۱)$$

موازنه انرژی در قسمت بالای مبادله‌کن لوله‌گرمایی

$$(Mh)()_{HP} = (M - M_W) C_{Pair} (T_3 - T_2) \quad (۲)$$

نسبت جرم آب به جرم هوا، در هوای ورودی

$$\frac{M_{WATER}}{M_{AIR}} = \alpha, \quad \frac{C_{Pwater}}{C_{Pair}} = \beta \quad , \alpha \geq 0, \beta \geq 0 \quad (۳)$$

$$M_W C_{Pwater} = \gamma M C_{Pair}, \gamma \geq 0 \quad (۴)$$

با جایگزینی معادله دوم در معادله اول و ساده سازی، به نتایج زیر می‌رسیم

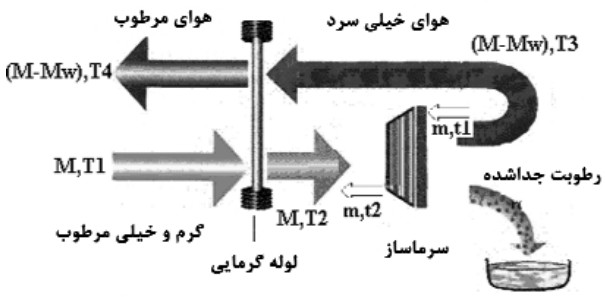
$$MC_P T_1 = (M - M_W) C_P (T_3 - T_2)$$
$$+ \gamma M C_{Pair} T_2 + (M - M_W) C_P T_2$$
$$M(T_1 - T_3 + T_2 - T_2 - \gamma T_2) = M_W(-T_3 - T_2)$$
$$M\underbrace{(T_1 - T_3 - \gamma T_2)}_{\rangle 0} = M_W \underbrace{(-T_3 - T_2)}_{\langle 0}$$

T_2 دمایی در حدود ۱۰ درجه سانتیگراد است. این هوا صد درصد اشباع است. بنابراین طبق نمودار سایکرومتریک اگر گرم شود به دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و ۵۰ درصد رطوبت می‌رسد. که هوایی بسیار مطبوع است.

مطابق نمودار سایکرومتریک، ضریب α ماکزیمم ۰/۰۸ است و ضریب β در حدود ۴/۲ است. بنابراین γT_2 به طور ماکزیمم در حدود ۳ درجه سانتیگراد است. با توجه به توضیحات ذکر شده T_1-T_3 -γT مقداری مثبت است. در حالی که T_1 -T_2- مقداری منفی است.

همان‌طورکه مشاهده کردید قانون اول ترمودینامیک نقض شده است. یعنی در سیستم‌های تهویه مطبوع حذف کامل کندانسور غیرعملی است.

روش دوم استفاده از مبادله‌کننده‌های لوله‌گرمایی به عنوان یک پیش‌سردساز، پیش‌گرمساز است (شکل ۴). در این روش کندانسور حذف نشده، بلکه با استفاده از مبادله‌کننده‌های لوله‌گرمایی از بار حرارتی آن کاسته می‌شود. به این معنا که توان مصرفی کمپرسور داخل کندانسور کاهش می‌یابد. ضمن آن‌که هوای برگشتی از بالای مبادله‌کننده‌های لوله‌گرمایی عبور داده شده، پیش‌گرم شده، از توان مصرفی گرمکن‌ها نیز کاسته می‌شود. در این روش در دو نقطه بازیابی انرژی خواهیم داشت.



شکل ۴. سیستم تهویه مطبوع با کندانسور و مبادله‌کن لوله‌گرمایی

مطابق شکل، هوای گرم و مرطوب از روی پره‌های پایین مبادله‌کن لوله‌گرمایی (اواپورتور) عبور کرده و مقداری از گرمای خود را به سیال کار مبادله‌کن لوله‌گرمایی می‌دهد. این از دست دادن گرما آن قدر نیست که عمل کندانس روی بخار آب داخل هوا صورت پذیرد. طی این فرآیند سیال کار بخار شده، به بالای مبادله‌کن لوله‌گرمایی (کندانسور) می‌رود و در عوض هوای عبوری پیش‌سرد شده، سپس وارد کندانسور اصلی می‌شود. در این مرحله رطوبت اضافی از هوا جدا می‌شود. این هوای خروجی از قسمت (کندانسور)، برای ورود به محیط بسیار سرد می‌باشد. بنابراین به قسمت بالای مبادله‌کن کندانسور منتقل شده، مقداری ازگرمای مورد نیاز خود را از سیال کار بخار شده داخل مبادله‌کن گرفته، پیش گرم می‌شود. سیال کار بخار شده نیزگرمای خود را از دست داده، مایع شده و توسط نیروی موبینگی یا گرانش به قسمت پایین مبادله‌کن لوله‌گرمایی (اواپورتور) منتقل می‌شود. اگر دمای هوای خروجی از بالای مبادله‌کن لوله‌گرمایی هنوز برای ورود به محیط پایین بود (زیر ۱۸ درجه سانتیگراد) توسط یک گرمکن الکتریکی به دمای مورد نظر خواهد رسید.

برای پی بردن به صحت عملکرد این سیستم موازنه انرژی را در اطراف مبادله‌کن لوله‌گرمایی می‌نویسیم.

موازنه انرژی در قسمت پایین مبادله‌کن لوله‌گرمایی

$$MC_{Pair}(T_1 - T_2) = (mh)_{HP} \quad (۵)$$

موازنه انرژی در قسمت بالای مبادله‌کن لوله‌گرمایی

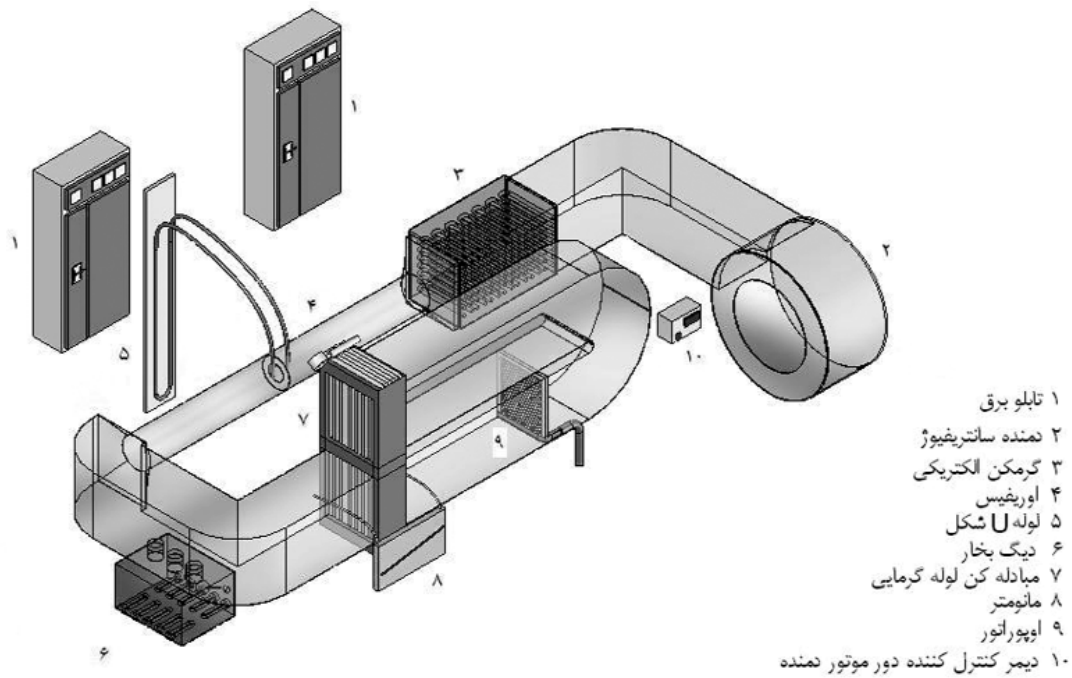
$$(M - M_w) C_{Pair} (T_3 - T_4) = (mh)_{HP} \quad (۶)$$

با جایگزینی معادله دوم در معادله اول و ساده‌سازی، به نتایج زیر می‌رسیم.

$$M\underbrace{(T_1 - T_2)}_{\rangle 0} = (M - M_w)\underbrace{(T_3 - T_4)}_{\rangle 0}$$

همانطورکه مشاهده‌شد، پیش‌سردسازی و پیش‌گرم‌سازی در سیستم‌های تهویه مطبوع به وسیله لوله‌های‌گرمایی از نظر قانون اول ترمودینامیک امکان‌پذیر بوده و قانون اول ترمودینامیک نقض نمی‌شود.

در مرحله پیش‌سردسازی در پایین مبادله‌کن‌لوله‌گرمایی کاهش دما در حدود ۶ درجه سانتیگراد خواهد بود که در حدود ۲۰ درصد مصرف انرژی کمپرسور را کاهش می‌دهد. در مرحله پیش‌گرم‌سازی در بالای مبادله‌کن



شکل شماره ۵: طرح شماتیک دستگاه مورد آزمایش

لوله‌گرمای افزایش دما در حدود ۵ درجه سانتیگراد خواهد بود که در حدود ۵۰ درصد مصرف انرژی گرمکن نهایی را کاهش می‌دهد.[۵]

۶ـ نتایج تجربی

دستگاه نیمه صنعتی که آزمایش‌ها به وسیله آن انجام شده است، مطابق شکل شماتیکی شماره ۵ از ۱۰ بخش اصلی تشکیل شده‌است که به‌وسیله کانالی گالوانیزه به ابعاد دهنه ۶۰ در ۵۰ سانتیمتر و با قطر ۲ میلی‌متر به یکدیگر متصل شده‌اند.

هوا از دمنده به داخل کانال دمیده شده، به وسیله گرمکن‌ها دمایش تنظیم می‌شود. به وسیله دیگ بخار، رطوبت آن کنترل می‌شود. سپس بعد از عبور از مبادله‌کن، توسط اوپوراتور خنک شده، رطوبت‌زدایی می‌شود و به بالای مبادله‌کن برمی‌گردد.

برای محاسبه میزان ذخیره‌سازی مصرف انرژی در دو ناحیه اواپورتور و کندانسور مبادله‌کن لوله‌گرمایی می توان نوشت:

برای قسمت اواپورتور

$$S_e = \frac{m_1 cp(T_1 - T_2)}{m_1 cp(T_1 - Ts) + m_{water} * \lambda_{water}} \qquad (۷)$$

برای قسمت کندانسور

$$S_c = \frac{m_3 cp(T_4 - T_3)}{m_3 cp(T_5 - Ts)} \qquad (۸)$$

که Ts دمای هوا بعد از سرماساز است و T_5 دمای هوایی است که باید وارد محیط شود و طبق استاندارد ۱۸ درجه سانتیگراد است.

جدول۱: شرایط و داده‌های آزمایش

دمای خروجی از بالای مبدل	دمای هوای خروجی از اوپوراتور	دمای خروجی از پایین مبدل	رطوبت نسبی	دمای ورودی به پایین مبدل	دبی هوای وردی به فن Kg/s
۰/۱۱	۳۴/۵	۶۰	۳۰/۱	۱۱	۱۴/۵
۰/۱۵۸	۳۴	۵۸	۲۹/۵	۱۰/۹	۱۴/۵
۰/۱۹۸	۳۳/۳	۶۱	۲۸/۹	۱۰/۵	۱۴/۲
۰/۲۵	۳۲/۹	۶۳	۲۸/۴	۱۱/۴	۱۴/۷

تمام واحدهای جدول۱و۲، SI بوده و میزان ذخیره‌سازی انرژی برحسب درصد بیان شده‌است.

جدول شماره ۲: میزان ذخیره‌سازی انرژی دوطرف مبادله‌کن

se	sc	هوای سرد و خشک	هوای مرطوبcp	دبی هوای خشکcp	دبی هوای مرطوب	دبی هوای ورودی به فن
۰/۱۱	۰/۱۱۲	۰/۱۱۱	۱/۰۴	۱	۷	۴۹
۰/۱۵۸	۰/۱۶۱	۰/۱۵۹	۱/۰۴	۱	۹	۴۹/۷
۰/۱۹۸	۰/۲۰۱	۰/۲	۱/۰۴	۱	۱۰	۴۸/۳
۰/۲۵	۰/۲۵۵	۰/۲۵۲	۱/۰۴	۱	۹	۴۹

۷- نتیجه‌گیری

با توجه به‌کارآمدی سیکل‌های سرماساز در مبحث تهویه مطبوع، و با علم به‌این‌که این‌گونه سیستم‌های سرماساز دارای مصرف انرژی بالایی هستند و با استناد به این امرکه لوله‌های‌گرمایی تکنولوژی نوین در بهینه‌سازی مصرف انرژی[1] هستند، می‌توان با استفاده از این تکنولوژی به طور قابل توجهی میزان مصرف انرژی را کاهش داد.در این روش از مبادله‌کن لوله‌گرمایی به عنوان پیش‌سردساز، پیش‌گرمساز استفاده شده و توان مصرفی کمپرسور و گرمکن نهایی کاهش می‌یابد. در این روش کندانسور حذف نشده، بلکه با استفاده از مبادله‌کننده‌های لوله‌گرمایی از بار حرارتی آن‌کاسته می‌شود. به این معناکه توان مصرفی‌کمپرسور داخل کندانسور کاهش می‌یابد. ضمن آن‌که هوای برگشتی از بالای مبادله‌کننده‌های لوله‌گرمایی عبور داده شده، پیش‌گرم شده، از توان مصرفی گرمکن‌ها نیزکاسته می‌شود. در این روش در دو نقطه بازیابی انرژی خواهیم داشت. این فرآیند در این مقاله از نظر قوانین ترمودینامیکی مورد بررسی قرارگرفته و امکان‌پذیر می‌باشد. در مرحله پیش‌سردسازی در پایین مبادله‌کن لوله‌گرمایی در حدود ۱۰ درصد مصرف انرژی کمپرسور راکاهش می‌دهد. در مرحله پیش‌گرم‌سازی در بالای مبادله‌کن لوله‌گرمایی در حدود ۵۰ درصد مصرف انرژی گرمکن نهایی را کاهش می‌دهد.

۸- مراجع

[۱] دکتر انوشیروان فرشیدیانفر، مهندس اردشیر فرشیدیانفر، مهندس امیر فنودی،"تهویه مطبوع مدرن" چاپ‌گوتنبرگ ۱۳۸۳

[2] Sonntag-Borgnakke-Vanwylen Fundamental,s of thermodynamics Fifth edition,

[3] Faghri, A., Heat Pipe Science and Tschnology, Taylor & Francis, USA, 1995.

[4] Sun, J.Y., Shyu, R.J., Waste Heat Recovery Using Heat Pipe Heat Exchanger for Industrial Practices, Proceeding of the 5th International Heat Pipe Symposium, Melbourne, Australia, 1996.

[5] Wasim Saman, Performance of a Thrmosyphon Heat Exchanger in an Evaporative Air Conditioning System Proceeding of the 5th international Heat Pipe Symposium, Melbourne, 1996

1-Energy saving