

فهرست گزارش کار دستگاه تهویه مطبوع

1	فصل اول : دستورالعمل دستگاه
1	اهداف آزمایش
1	مقدمه
2	مشخصات دستگاه
2	روش کار با دستگاه
5	فصل دوم : دستور آزمایش
5	تئوری
8	آزمایش ها
8	آزمایش 1 (رطوبت زنی و گرمایش)
9	آزمایش 2 (رطوبت زدایی)
10	آزمایش 3 (گرمایش هوا)
11	آزمایش 4 (سرماایش هوا)
12	مثال ها

فصل اول : دستورالعمل دستگاه

اهداف آزمایش :

- آشنایی با اجزای اصلی یک دستگاه تهویه مطبوع (Air conditioner)
- آشنایی با نحوه کارکرد اجزای دستگاه تهویه مطبوع جهت ایجاد شرایط آسایش
- بررسی فرایندهای مختلف تهویه مطبوع نظیر رطوبت زنی، رطوبت زدایی، گرمایش، سرمایش
- رسیدن به شرایط آسایش، توسط دستگاه
- بررسی پارامترهای مختلف بر عملکرد دستگاه نظیر گرما و رطوبت هوای ورودی



مقدمه :

انسان به طور معمول در حدود 400 W انرژی به محیط پس می‌دهد. این تلفات حرارتی به صورت انتقال حرارت از سطوح بدن و نیز به وسیله تبخیر رطوبت و ششها و پوست انسان به محیط داده می‌شود. با افزایش درجه حرارت هوای محیط میزان تلفات حرارتی از طریق انتقال حرارت کاهش می‌یابد؛ در حالی که میزان تلفات بوسیله تبخیر افزایش می‌یابد. اگر مقدار رطوبت هوای محیط بالا باشد تبخیر کند شده، سطوح پوست مرطوب شده و انسان احساس ناراحتی می‌کند. در اثر شرایط گرم و رطوبتی، قوای انسان شدیداً به تحلیل رفته و قادر به انجام فعالیتهای شدید نخواهد بود. به

علاوه، این شرایط برای رشد کپک و قارچها مساعد بوده که بعضی از آنها سبب بیماریهای پوستی می شود. در صورتی که کمی رطوبت هوا سبب افزایش تبخیر از طریق ریه، چشمها و مجراهای بینی می گردد که می توانند در انسان سبب ناراحتی شود.

صنایع تهویه مطبوع روز به روز در سراسر دنیا در حال پیشرفت و گسترش می باشد. موارد استفاده تهویه مطبوع در تهویه خانگی، بیمارستانها، اماکن عمومی، معادن، مغازهها، دفاتر کار، کارخانهها و حمل و نقل زمینی، دریایی و هوایی می باشد. در بعضی موارد شرایط راحتی انسان در درجه اول اهمیت نمی باشد. این موارد نظیر انبار، دستگاههای حساس گلخانهها، مراکز دامداری، سردخانه و غیره می باشند.

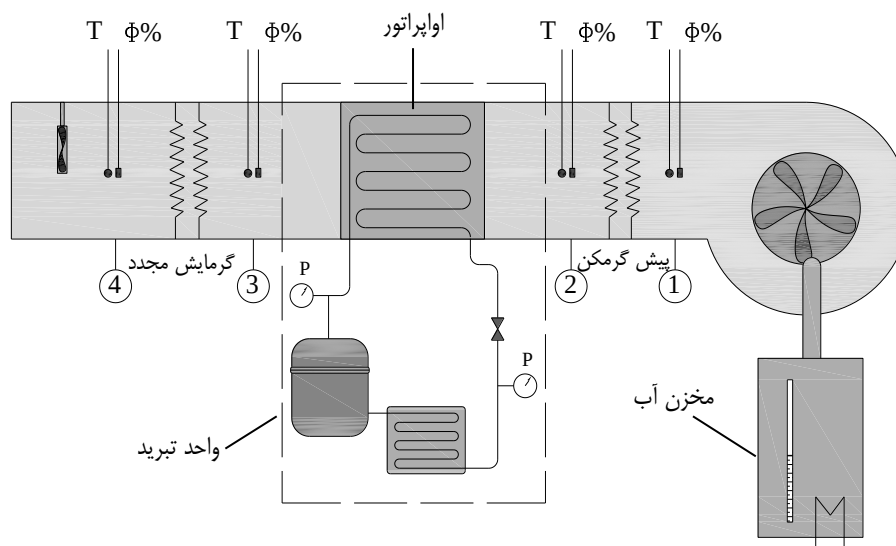
تاسیسات تهویه مطبوع شامل تجهیزاتی از قبیل فن ها، فیلتر، کوئیل، مبدل های حرارتی، رطوبت زن ها، رطوبت گیرها، دیگ و واحدهای تبرید می باشند.

تهویه مطبوع معمولاً به نوعی سیستم تهویه و توزیع هوا اطلاق می گردد که دست کم پارامترهایی نظیر درجه حرارت، رطوبت نسبی، سرعت توزیع یا انتقال هوا و درجه پاکی و تمیزی هوا را کنترل و به حد مطلوب برساند.

به وسیله دستگاه حاضر، اجزای اصلی یک دستگاه تهویه مطبوع و نحوه کارکرد آنها مورد مطالعه قرار می گیرد. همچنین فرآیندهای مختلف تهویه مطبوع نظیر رطوبت زنی، رطوبت زدایی، گرمایش و سرمایش و نیز نحوه رسیدن به شرایط آسایش مورد بررسی قرار می گیرد.

مشخصات دستگاه :

طرح شماتیک دستگاه را در شکل (2) مشاهده می نمایید.



شکل 2: طرح شماتیک دستگاه تهویه مطبوع

اجزای اصلی دستگاه عبارتند از :

1. کانال هوا با مقطع $33 \times 30 \text{ cm}^2$
2. دیگ (بویلر) با سطح مقطع $20 \times 20 \text{ cm}$ دارای المنت الکتریکی در فشار اتمسفر به توان 2 kW ، در ولتاژ 220 ولت برای ایجاد رطوبت
3. فن سانتریفوژ با سرعت متغیر و قابل تنظیم
4. هانی کام جهت یکنواخت سازی جریان هوا
5. پیش گرمکن : دارای 2 المنت الکتریکی فن دار با توان 1000 و 500 وات
6. واحد تبرید : شامل اواپراتور، کمپرسور 2 hp و کندانسور هوایی، مبرد ($R134$)
7. گرمایش مجدد : دارای 2 المنت الکتریکی فن دار با توان 1000 و 500 وات
8. سنسور اندازه گیری سرعت هوا
9. 4 عدد سنسور دما رطوبت سنج در 4 نقطه (1 : بعد از فن، 2 : بعد از پیش گرم کن، 3 : بعد از اواپراتور و 4 : بعد از هیترهای گرمایش مجدد) مطابق شکل (2) در داخل کانال نصب شده اند.
10. سنسور دما و رطوبت جهت اندازه گیری دما و رطوبت محیط
11. دو عدد گیج فشار برای نشان دادن فشار قبل و بعد از کمپرسور

روش کار با دستگاه :

1. سیم آبی نول است و سه سیم دیگر فاز هستند. بنابراین هنگام به برق زدن مراقب باشید که سیم آبی را به فاز وصل نکنید. سه سیم دیگر را به طور جداگانه به سه فاز وصل نمایید.
2. بعد از به برق زدن با زدن کلید اصلی کنار پنل، نمایشگر دما و رطوبت روشن می شوند.
3. کلیدهای ON/OFF تعبیه شده در روی دستگاه به ترتیب برای روشن کردن واحد سرمایش، واحد ایجاد رطوبت، هیترهای پیش گرمکن و هیترهای گرمایش مجدد به کار می رود.
4. دور فن توسط ولوم مربوطه تنظیم می شود. با تغییر دور فن مقدار دبی هوای ورودی به کانال را می توان تنظیم کرد. از طریق سنسور نصب شده در انتها کانال می توان مقدار سرعت گذرنده از مقطع کانال را بدست آورد و همچنین با دانستن مقطع کانال دبی را بدست آورد.
5. نمایشگرهای دیجیتال، مقادیر دما و رطوبت اندازه گیری شده توسط سنسورها را نمایش می دهند.
6. یک بویلر در پایین دستگاه تعبیه شده است که دارای یک هیتر 2 kW می باشد و به عنوان رطوبت زن مورد استفاده قرار می گیرد. بویلر دارای ورودی مخصوص تغذیه آب و شیر تخلیه آب می باشد. با روشن شدن هیتر، آب تبخیر شده و بخار خروجی، در ورودی فن وارد سیستم می شود. به منظور اطمینان از خالی نبودن بویلر، یک مانومتر بر روی آن نصب شده است که توسط آن می توان ارتفاع آب درون دیگ را دید.

همواره توجه داشته باشید که هیتر مخزن را تا زمانی که آب به اندازه کافی درون آن نیست روشن نکنید.

7. فشار قبل و بعد از کمپرسور واحد سرمایش را می توان تحت عنوان P_1 و P_2 از روی گیج فشار دستگاه خواند.

نکات قابل توجه :

- قبل از روشن نمودن هیترها، فن روشن شود.
- همیشه بویلرپ حاوی آب باشد.
- سیم آبی را به نول بزنید و سه سیم دیگر را به فاز
- بعد از قرار دادن سیستم در هر مرحله چند دقیقه صبر کنید تا پایدار شود .

فصل دوم : دستور آزمایش

تئوری :

تهویه مطبوع معمولاً به سیستمی از روش‌های تهیه و توزیع هوا اطلاق می‌گردد که دست‌کم پارامترهای ذکر شده در زیر را کنترل و به حد مطلوب برساند. این عوامل بر حسب اهمیت عبارتند از :

الف) درجه حرارت: در سیستم تهویه مطبوع در تابستان و زمستان درجه حرارت مورد کنترل قرار گرفته و به درجه حرارت مطلوب (معمولاً $20-30^{\circ}\text{C}$) می‌رسد.

ب) رطوبت نسبی و یا مقدار آب در هوا : این مقدار نیز برای شرایط زندگی و زیست مطلوب در تابستان از 40٪ تا 60٪ و در زمستان نیز از 30٪ تا 50٪ تعیین شده است.

ج) سرعت توزیع و یا انتقال هوا (و در نتیجه میزان فشار استاتیک و دینامیک هوای منتقل شده) که تابع مقررات و توصیه‌های خاص خود می‌باشد.

د) درجه پاکی و تمیزی هوا : که بستگی به نوع محیط کار و آلودگی هوای خارج دارد.

تعاریف

دمای خشک : دمایی که یک ترمومتر معمولی نشان می‌دهد را دمای خشک گویند.

دمای مرطوب : یک ترمومتر در نظر بگیرند که حساسه آن در پنبه مرطوب احاطه شده باشد. درجه حرارتی که این ترمومتر نشان می‌دهد، دمای مرطوب گویند.

در صد رطوبت نسبی (ϕ) : رطوبت نسبی ϕ به عنوان نسبت جز مولی بخار در مخلوط به جز مولی بخار در مخلوط اشباع در همان درجه حرارت و فشار کلی تعریف می‌شود. از آنجا که بخار را گاز ایده آل فرض می‌کنیم، این تعریف به نسبت فشار جزئی بخار در حالتی که در مخلوط وجود دارد، P_v ، به فشار اشباع بخار در همان درجه حرارت P_g تبدیل می‌شود.

$$\phi = \frac{P_v}{P_g}$$

چون بخار را گاز ایده آل فرض کردیم، رطوبت نسبی را می‌توان برحسب حجم مخصوص یا چگالی بیان کرد:

$$\phi = \frac{P_v}{P_g} = \frac{\rho_v}{\rho_g} = \frac{v_g}{v_v}$$

$$\text{رطوبت نسبی } (\phi) = \frac{\text{فشار جزئی بخار آب در حالت مخلوط}}{\text{فشار اشباع بخار آب در دمای مخلوط}} \times 100 = \frac{P_v}{P_g} \times 100$$

نسبت رطوبت یا رطوبت مخصوص (ω): نسبت رطوبت ω برای مخلوط هوا- بخار آب به صورت نسبت جرم بخار آب m_v به جرم هوای خشک m_a تعریف می شود. عبارت « هوای خشک » برای تاکید بر این نکته بکار می رود، تنها هوا موردنظر است و بخار آب وجود ندارد.

$$\omega = \frac{m_v}{m_a}$$

این تعریف برای هر مخلوط گاز- بخار یکسان است و زیرنویس a مشخص کننده گاز است ولی بخار مستثنی است. چون بخار و مخلوط گازهای ایده آل مورد توجه ماست، عبارت مفیدی برای نسبت رطوبت برحسب فشارهای جزئی و اوزان مولکولی می توان بدست آورد:

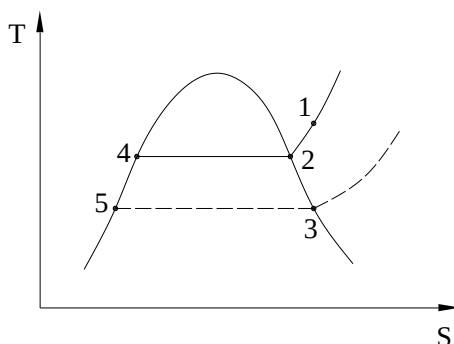
$$m_v = \frac{P_v V}{R_v T} = \frac{P_v V M_v}{R T} \quad m_a = \frac{P_a V}{R_a T} = \frac{P_a V M_a}{R T}$$

$$\omega = \frac{P_v V / R_v T}{P_a V / R_a T} = \frac{R_a P_v}{R_v P_a} = \frac{M_v P_v}{M_a P_a} \quad \text{در نتیجه:}$$

برای مخلوط هوا- بخار آب معادله فوق به شکل زیر نوشته می شود:

$$\omega = 0.622 \frac{P_v}{P_a}$$

درجه اشباع حاصل تقسیم نسبت های رطوبت واقعی به رطوبت برای مخلوط اشباع در درجه حرارت و فشار یکسان است.



شکل 1: نمودار درجه حرارت- آنترپی برای نمایش سرمایش یک مخلوط گاز - بخار در فشار ثابت

با حل معادلات برای P_v و مساوی قرار دادن آنها عبارتی برای نشان دادن رابطه بین رطوبت نسبی ϕ و نسبت رطوبت ω بدست می آید. رابطه حاصل برای هوا-بخار آب عبارت است از:

$$\phi = \frac{\omega P_a}{0.622 P_g}$$

مطالبی نیز درباره ماهیت فرآیندی که هنگام سرد شدن مخلوط گاز-بخار در فشار ثابت رخ می دهد، باید بیان شود. فرض کنید که ابتدا بخار در حالت 1 مافوق گرم است (شکل 1). وقتی مخلوط در فشار ثابت سرد می شود، فشار جزئی بخار ثابت می ماند تا زمانی که به نقطه اشباع در نقطه 2 برسد. مایع حاصل از چگالش ابتدا در حالت 4 است و سپس در حالت 2 در تعادل با بخار قرار می گیرد. وقتی که درجه حرارت باز هم کاهش می یابد، بخار بیشتری چگالیده می شود که در نتیجه فشار جزئی بخار در مخلوط، کمتر می شود. بخاری که در مخلوط باقی می ماند همواره اشباع است و

مایع یا جامد در تعادل با آن می باشد. به عنوان مثال وقتی درجه حرارت تا T_3 کاهش یابد، بخار موجود در مخلوط در حالت 3 است و فشار جزئی آن، فشار اشباع مربوط به T_3 خواهد بود. وقتی در حالت 5 است، مایع در حالت تعادل است.

منحنی سایکرومتریک: هنگامی که محاسبه خواص بخار آب از قوانین دالتون و گیپ امکان پذیر شد، استفاده از منحنی سایکرومتریک بسیار مناسب خواهد بود. این منحنی برای فشار اتمسفر استاندارد (1.013 bar یا 101.3 kPa) صحیح است. اگر فشار اتمسفر به طور محسوسی با فشار استاندارد تفاوت داشته باشد و یا اگر دستگاه در ارتفاع بالا مورد استفاده قرار بگیرد، منحنی در فشار مقتضی باید مورد استفاده قرار بگیرد. با دادن دو خاصیت مستقل، موقعیت هوا در منحنی مشخص می شود. خواصی که به این منحنی مربوط اند عبارت اند از دمای خشک، دمای هوای تر، حجم مخصوص، رطوبت مخصوص، آنتالپی مخصوص، در صد اشباع (که می تواند به صورت رطوبت نسبی داده شود).

باید توجه شود که درجه آنتالپی مخصوص، آنتالپی هوای خشک به علاوه آنتالپی بخار موجود در آن است (هر دو در دمای 0°C حساب شده) اما به صورت kJ / kg در هوای خشک بیان می شود.

نقطه شبنم: عبارت از درجه حرارتی است که در آن، بخار آب به حالت اشباع می باشد. (به عبارتی درجه حرارت مربوط به فشار جزئی بخار آب، همان دمای نقطه شبنم می باشد). بالاتر از نقطه شبنم بخار آب موجود در هوا به صورت بخار داغ و در دماهای زیر دمای نقطه شبنم، بخار آب مخلوطی از آب و بخار اشباع شده است.

رفتار هوای مرطوب

رفتار مرطوب بوسیله قوانین مخلوط گازها بیان می شوند. این قوانین عبارتند از:

1. هر جزء گاز یا بخار از مخلوط از قانون عمومی گازها تبعیت می کند و در دمای مخلوط، حجم فضا را اشغال می کنند و فشار آن را فشار جزئی می نامند.
2. فشار مخلوط برابر با مجموع فشارهای جزئی هر یک از عناصر مخلوط می باشد. (قانون دالتون)
3. آنتالپی، انرژی داخلی و آنتروپی مخلوط برابر با مجموع آنتالپی، انرژی داخلی و آنتروپی هر یک از عناصر مخلوط در دمای مخلوط و فشار جزئی آنها (قانون گیبس).

تبادل انرژی

تمام تحولات تهویه مطبوع را می توان به صورت تحولات جریان پایدار با تغییر انرژی جنبشی و پتانسیل ناچیز در نظر گرفت. بنابراین برای هر قسمت از دستگاه که مانند سیستم باز در نظر گرفته می شود: $\dot{Q} - P = \Delta H$

ΔH : تغییر میزان آنتالپی سیال در ورودی و خروج از دستگاه.

$\dot{Q}$: میزان تبادل حرارتی (اگر به سیستم حرارت داده شود علامت آن مثبت است).

P : توان مبادله شده مکانیکی یا الکترونیکی (اگر به سیستم حرارت داده شود علامت آن مثبت است).

تعیین دبی جرمی هوای ورودی

هوا پس از آن که توسط فن به داخل کانال دمیده شد، از کانال عبور خواهد کرد و در انتها به یک سنسور سرعت سنج توربینی خواهد رسید که میزان سرعت را اندازه گیری خواهد کرد و نمایشگر همراه آن مقدار سرعت اندازه گیری شده را نمایش خواهد داد.

با داشتن سطح مقطع کانال و سرعت هوای عبوری از داخل کانال به سادگی به کمک رابطه زیر دبی بدست خواهد آمد.

$$\dot{m}_a = A_o V$$

$$A_o = 30cm \times 30cm$$

آزمایش‌ها

از آن جا که در هر مرحله از آزمایش باید مدت زمانی صبر کرد تا سیستم به تعادل برسد، لذا توصیه می شود آزمایش ها در تعداد جلسات لازم انجام شود. در این آزمایش‌ها به بررسی فرایندهای مختلفی که در یک سیستم تهویه مطبوع رخ می دهد، هم به صورت جدا و هم به صورت ترکیبی با یکدیگر پرداخته می شود.

آزمایش 1 (رطوبت زنی و گرمایش)

1. کلید برق اصلی دستگاه را در حالت ON قرار دهید.
2. میزان آب مخزن را چک کنید که بیشتر از نیمه باشد.
3. قبل از شروع تست، فن را روشن نموده و از سنسورهای دما و رطوبت نقطه 1، شرایط آزمایشگاه را بدست آورید. (شرایط 0)
4. سپس هیتر رطوبت زن را روشن نمایید و منتظر بمانید تا آب مخزن به جوش آید. (حدوداً 20 دقیقه قبل از شروع آزمایش این کار را انجام دهید).
5. شرایط دمایی و در صد رطوبت را از روی سنسورها (نقطه 1) بخوانید و در جدول (1) یادداشت نمایید.
6. مراحل فوق را برای چند دور فن (چند دبی هوای ورودی) تکرار نموده و اعداد حاصل را در جدول (1) یادداشت نمایید.

جدول (1)

4	3	2	1	مراحل	
				درجه حرارت (T_0 °C)	شرایط هوای ورودی
				رطوبت نسبی (ϕ_0 %)	
				رطوبت مخصوص (نسبت رطوبت) ω_0 (kg H ₂ O / kg Dry Air)	
				درجه حرارت (T_1 °C)	شرایط هوای خروجی از فن پس از رطوبت زنی
				رطوبت نسبی (ϕ_1 %)	
				رطوبت مخصوص (نسبت رطوبت) ω_1 (kg H ₂ O / kg Dry Air)	
				-	تغییر ارتفاع مانومتر (mm)
					دمای هوای ورودی (°C)
				-	دبی هوا ($\frac{kg}{s}$)

خواسته‌های آزمایش 1

1. مراحل مختلف آزمایش فوق را بر روی دیاگرام سایکرومتریک رسم نمایید.
2. موازنه جرم در تحولات رطوبت زنی را انجام دهید. میزان آب تبخیر شده در رطوبت زنی را با داشتن توان ورودی هیتر، توسط $\dot{m}_v = \frac{\dot{Q}_H}{h_{fg}}$ و همچنین روش $\dot{m}_v = \dot{m}_a(\omega_1 - \omega_0)$ محاسبه نموده و با یکدیگر مقایسه کنید.
3. همان طور که می‌دانیم با داشتن دو خاصیت از هوای مرطوب نظیر T و ϕ می‌توان سایر پارامترهای آن مانند ω و h را بدست آورد. به کمک دیاگرام سایکرومتریک بخار آب، این پارامترها را به دست آورید.

آزمایش 2 (رطوبت زدایی)

1. ولوم فن را بر روی یک مقدار دلخواه قرار دهید. (عددی که تنظیم دور فن نشان می‌دهد فرکانس موتور است)
2. هیتر رطوبت زنی را روشن نمایید (تا رسیدن به شرایط دائم صبر کنید).
3. کمپرسور سیکل تبرید (واحد ایجاد سرمایش) را روشن نمایید.
4. شرایط هوا در نقاط 2 و 3 را در جدول (2) یادداشت نمایید.
5. جدول (2) را کامل کنید.

جدول (2)

	درجه حرارت T_2 ($^{\circ}C$)	شرایط هوای قبل از اوپراتور (خنک کننده)
	رطوبت نسبی ϕ_2 (%)	
	رطوبت مخصوص (نسبت رطوبت) ω_2 ($kg\ H_2O / kg\ Dry\ Air$)	
	درجه حرارت T_3 ($^{\circ}C$)	شرایط هوای خروجی از اوپراتور پس از رطوبت زدایی
	رطوبت نسبی ϕ_3 (%)	
	رطوبت مخصوص (نسبت رطوبت) ω_3 ($kg\ H_2O / kg\ Dry\ Air$)	

خواسته‌های آزمایش 2

1. تحول رطوبت‌زدایی را بر روی دیاگرام سایکرومتریک رسم نمایید.

آزمایش 3 (گرمایش هوا)

1. هر دو هیتر پیش گرمکن را روشن نمایید.
2. ولوم فن را در حد ماکزیمم قرار دهید.
3. دما و رطوبت نقاط 1 و 2 را در جدول یادداشت نمایید.
4. یکی از هیترهای پیش گرمکن را خاموش نموده و مراحل فوق را تکرار کنید.
5. هر دو هیتر پیش گرمکن را خاموش نموده و آزمایش فوق را برای توان‌های $1kW$ و $2kW$ با استفاده از هیترهای گرمایش مجدد تکرار و دما و رطوبت نقاط را در جدول (3) یادداشت نمایید.
6. در صورت داشتن زمان، برای یک دبی دیگر هوا هم آزمایش فوق را تکرار کنید.

خواسته‌های آزمایش 3

1. فرآیندهای گرمایش را بر روی دیاگرام سایکرومتریک رسم نمایید.
2. موازنه انرژی را در تحولات گرمایش انجام دهید و میزان اتلاف در هر قسمت را محاسبه نمایید.

$$(\dot{Q}_a) \text{ میزان حرارت منتقل شده به هوا} - \text{توان هیتر} = \text{اتلاف}$$

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_a \Delta h$$

جدول (3)

4	3	2	1	مراحل	
				درجه حرارت ($^{\circ}C$) T_1	شرایط هوا قبل از پیش گرمکن
				رطوبت نسبی (%) ϕ_1	
				آنتالپی ($Kj / Kg.K$) h_1	
				درجه حرارت ($^{\circ}C$) T_2	شرایط هوا پس از پیش گرمکن
				رطوبت نسبی (%) ϕ_2	
				آنتالپی ($Kj / Kg.K$) h_2	
				درجه حرارت ($^{\circ}C$) T_3	شرایط هوای قبل از گرمایش مجدد
				رطوبت نسبی (%) ϕ_3	
				آنتالپی ($Kj / Kg.K$) h_3	
				درجه حرارت ($^{\circ}C$) T_4	شرایط هوای خروجی بعد از گرمایش مجدد
				رطوبت نسبی (%) ϕ_4	
				آنتالپی ($Kj / Kg.K$) h_4	
				–	توان هیتر گرمکن (kW)
				–	تغییر ارتفاع مانومتر (mm)
				–	دمای هوای ورودی ($^{\circ}C$)
				–	دبی هوا ($\frac{kg}{s}$)

آزمایش 4 (سرمایش هوا)

1. فن را بر روی دور دلخواهی قرار دهید.
2. کمپرسور (واحد ایجاد سرمایش) را روشن نموده و منتظر بمانید تا سیستم به شرایط دائم برسد.
3. اطلاعات دمایی و رطوبت نقاط 2 و 3 را در جدول (4) ثبت نمایید.
4. آزمایش فوق را برای دو مقدار دور دیگر فن هم انجام دهید.

جدول (4)

			درجه حرارت T_2 ($^{\circ}C$)	شرایط هوا قبل اواپراتور
			رطوبت نسبی ϕ_2 (%)	
			آنتالپی h_2 ($Kj / Kg.K$)	
			درجه حرارت T_3 ($^{\circ}C$)	شرایط هوا بعد از اواپراتور
			رطوبت نسبی ϕ_3 (%)	
			آنتالپی h_3 ($Kj / Kg.K$)	

خواسته‌های آزمایش 4

1- تحولات هوا را بر روی دیاگرام سایکرومتریک رسم نمایید.

آزمایش 5 (رسیدن به شرایط آسایش)

با تنظیم المان‌های مختلف دستگاه، به نحوی که تا حد امکان کمترین میزان مصرف انرژی در سیستم وجود داشته باشد، تلاش کنید شرایط هوا را به شرایط آسایش تهویه مطبوع نزدیک نمایید. (رطوبت نسبی حدود 50% و درجه حرارت 25 درجه سانتی‌گراد).

مثال ها :

مثال 1: $100m^3$ از مخلوط هوا - بخار آب در $0.1 MPa$ و $35^{\circ}C$ با رطوبت نسبی 70 درصد را در نظر بگیرید.

(الف) نسبت رطوبت، نقطه شبنم، جرم هوا و جرم بخار را حساب کنید.

(ب) مخلوط تا $5^{\circ}C$ در طی فرآیند فشار ثابت سرد می شود. مقدار بخار آب را محاسبه کنید.

(الف) سیستم : مخلوط

حالت: T, P و ϕ معلوم؛ حالت ثابت

تحلیل و حل: معادلات بالا و جداول بخار :

$$\phi = 0.70 = \frac{P_v}{P_g}$$

$$P_v = (0.70)(5.628) = 3.94 kPa$$

نقطه شبنم، درجه حرارت اشباع مربوط به این فشار است که معادل $28.6^{\circ}C$ می‌باشد. فشار جزئی هوا عبارت است از:

$$P_a = P - P_v = 100 - 3.94 = 96.06 kPa$$

نسبت رطوبت را می‌توان از معادله زیر به دست آورد :

$$\omega = 0.622 \times \frac{P_v}{P_a} = 0.622 \times \frac{3.94}{96.06} = 0.0255$$

جرم هوا عبارت است از :

$$m_a = \frac{P_a V}{R_a T} = \frac{96.06 \times 100}{0.287 \times 308.2} = 108.6 \text{ kg}$$

جرم بخار را می‌توان از نسبت رطوبت یا استفاده از معادله حالت گاز ایده‌آل محاسبه کرد:

$$m_v = \omega m_a = (0.0255)(108.6) = 2.77 \text{ kg}$$

$$m_v = \frac{3.94 \times 100}{0.46152 \times 308.2} = 2.77 \text{ kg}$$

(ب) سیستم : مخلوط

حالت اولیه : معلوم (قسمت الف)

حالت نهایی : T معلوم

فرآیندها : فشار ثابت

تجزیه و تحلیل : در درجه حرارت نهایی مخلوط اشباع است. زیرا درجه حرارت 5°C زیر نقطه شبنم می‌باشد.
بنابراین:

$$P_{v2} = P_{g2} \quad P_{a2} = P - P_{v2}$$

و

$$\omega_2 = 0.622 \frac{P_{v2}}{P_{a2}}$$

با توجه به اصل بقای جرم مقدار بخار آب چگالیده شده مساوی با اختلاف بین جرم بخار آب در حالت اولیه و نهایی است:

$$\text{جرم بخار چگالیده شده} = m_a (\omega_1 - \omega_2)$$

حل :

$$P_{v2} = P_{g2} = 0.8721 \text{ kPa}$$

$$P_{a2} = 100 - 0.821 - 99.128 \text{ kPa}$$

$$\omega_2 = 0.622 \times \frac{0.8721}{99.128} = 0.0055$$

$$\text{جرم بخار چگالیده شده} = m_a (\omega_1 - \omega_2) = (108.6)(0.0255 - 0.0055) = 2.172 \text{ kg}$$

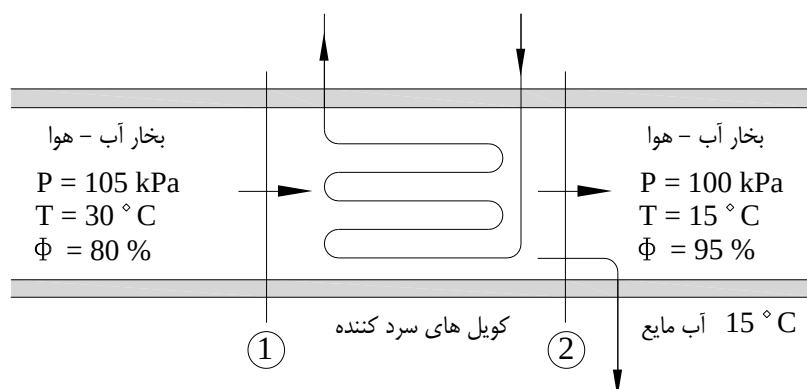
مثال 2 : یک واحد تهویه مطبوع در شکل (2) همراه با اطلاعات فشار، درجه حرارت و رطوبت نسبی نشان داده شده است. مقدار انتقال حرارت در هر کیلوگرم از هوای خشک را با فرض این که تغییرات انرژی جنبشی ناچیز و چشم پوشیدنی می باشد، محاسبه می شود.

حجم کنترل : مجرا، شامل کویل های سرمایش

حالت ورودی : معلوم

حالت خروجی : معلوم

فرایندها : SSSF هیچ گونه تغییراتی در انرژی جنبشی یا پتانسیل صورت نمی گیرد.



شکل (2)

مدل : گاز ایده آل - هوا، حرارت مخصوص ثابت در (300 کیلوگرم)، جداول بخار-آب. (چون بخار آب در این چنین فشارهای پایینی، مانند گاز در نظر گرفته می شود، انتالپی بخار آب فقط تابع درجه حرارت خواهد بود. پس انتالپی بخار آب که کمی مافوق گرم است، معادل با انتالپی بخار اشباع در همان درجه می باشد.

تجزیه و تحلیل : معادله پیوستگی برای هوا و آب

$$\begin{aligned}\dot{m}_{a1} &= \dot{m}_{a2} \\ \dot{m}_{v1} &= \dot{m}_{v2} + \dot{m}_{l2}\end{aligned}$$

قانون اول ترمودینامیک :

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{c.v.} + \sum \dot{m}_i h_i &= \sum \dot{m}_e h_e \\ \dot{Q}_{c.v.} + \dot{m}_a h_{a1} + \dot{m}_v h_{v1} &= \dot{m}_a h_{a2} + \dot{m}_{v2} h_{v2} + \dot{m}_{l2} h_{l2}\end{aligned}$$

اگر این معادله را بر $\dot{m}_a$ تقسیم کنیم، با در نظر گرفتن معادله پیوستگی برای آب و توجه به اینکه $\dot{m}_v = \omega \dot{m}_a$ می باشد، می توان قانون اول را به شکل زیر نوشت :

$$\frac{\dot{Q}_{c.v.}}{\dot{m}_a} + h_{a1} + \omega h_{v1} = h_{a2} + \omega_2 h_{v2} + (\omega_1 - \omega_2) h_{l2}$$

حل :

$$P_{v1} = \phi_1 P_{g1} = 0.80(4.246) = 3.397 \text{ kPa}$$

$$\omega_1 = \frac{R_a}{R_v} \times \frac{P_{v1}}{P_{a1}} = 0.622 \times \left(\frac{3.397}{105 - 3.4} \right) = 0.0208$$

$$P_{v2} = \phi_2 P_{g2} = 0.95(1.7051) = 1.620 \text{ kPa}$$

$$\omega_2 = \frac{R_a}{R_v} \times \frac{P_{v2}}{P_{a2}} = 0.622 \times \left(\frac{1.62}{100 - 1.62} \right) = 0.0102$$

با جایگزینی :

$$\dot{Q}_{c.v.}/\dot{m}_a + h_{a1} + \omega h_{v1} = h_{a2} + \omega h_{v2} + (\omega_1 + \omega_2)h_{l2}$$

$$Q_{c.v.}/m_a = 1.0035(15 - 30) + 0.0102(2528.9) - 0.0208(2556.3) + (0.0208 - 0.0102)(62.99)$$

$$= -41.76 \text{ kJ/kg} \quad \text{هوای خشک}$$