

آزمایش برج خنک‌کن

www.me-en.com

مقدمه

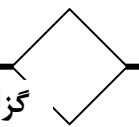
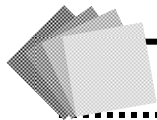
امروزه با گسترش صنعتی کاربردهای تنوعی برای برجهای خنک‌کن ایجاد شده است. این استفاده‌ها در مناطقی که دسترسی به آب وجود ندارد نمایان است. در جمله برجهای خنک‌کن می‌توان به برجهای عظیم نیروگاهها، برجهای خنک‌کن صنایع فولاد، برجهای خنک‌کن مربوط به کندانسورها، چیلرهای جذبی و ترکیبی و... نام برد. با گذشت زمان تغییرات در ساختمان برجهای خنک‌کن شکل گرفته است.

از جمله می‌توان تغییر جنس پکینگ، ماسه، آلومینیوم و از آلومینیوم به پلاستیک نام برد. دسته‌بندی برجهای خنک‌کن به طور خلاصه به صورت زیر می‌باشد:

برجهای خنک‌کن

۱- برجهای خنک‌کن تر

- برج با جریان مکانیکی ناهمسو
- برج با جریان مکانیکی متقاطع
- برج با جریان طبیعی ناهمسو



- برج با جریان طبیعی متقاطع

۲- برج‌های خنک‌کن خشک

- برج با جریان اجباری

- برج‌های خنک‌کن تر اجباری

- مکشی

- دهشی

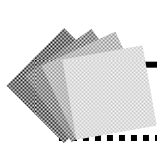
برج‌های خنک‌کن تر

برج‌های خنک‌کن تر گرمای دفع شده از کندانسورها را از طریق مکانیزم‌های زیر به محیط منتقل می‌کند.

۱- افزودن گرمای محسوس به هوا

۲- تجهیز بخشی از آن گردش که موجب کاهش دمای آب می‌شود.

برج‌های خنک‌کن تر دارای یک سیستم توزیع آب است که آن را به طور یکنواخت روی شبکه‌ای متشکل از میله‌های افقی نزدیک به هم به نام پکینگ می‌افشاند که پکینگ موجب اختلال کامل آب و هوا می‌شود و این عمل هنگامی صورت می‌گیرد که هوا از پکینگ جریان می‌یابد و آب در نتیجه نیروی ثقل از یک پکینگ به پکینگ دیگر می‌ریزد. هوای بیرون از طریق دریچه‌های هوا که شکل مجاری کوچک افقی هستند و در جوانب برج قرار دارند وارد برج می‌شوند.

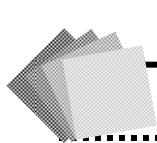


اختلال کامل آب و هوا انتقال گرما و جرم را تشدید می‌کند و این امر موجب خنک شدن آب می‌شود. با استفاده از برج‌های خنک‌کن، مقدار آب مورد نیاز حداقل ۷۵ درجه کاهش می‌یابد که مزیتی آشکار برای برج‌های خنک‌کن محسوب می‌شود.

برج‌های خنک‌کن با جریان مکانیکی هوا

در این برج‌ها جریان هوا به کمک یک دمنده تأمین می‌شود این دمنده‌ها می‌توانند از نوع جریان اجباری در برج نصب شود و هوا را وارد برج کند. این برج از دیدگاه نظری دارای این مزیت است که چون هوای گرم‌تر کار می‌کند، انرژی کمتر مصرف می‌کند. با وجود این دمنده‌ها دارای معایبی هستند که عبارتند از: مسایل مربوط به توزیع هوا، نشست، گردش مجدد هوای گرم و مرطوب خروجی، مسئله یخ زدگی و ورودی برج در زمستان.

به خاطر معایب فوق بیشتر برج‌های خنک‌کن، جریان مکانیکی از نوع جریان مکشی هوا هستند. در این برج‌ها هوا از طریق دریچه‌های تعبیه شده در جوانب برج با سرعت کم وارد برج می‌شود و از پکینگ‌ها می‌گذرد. دمنده‌ها نیز در بالای برج قرار می‌گیرند و هوای گرم و مرطوب را به اتمسفر تخلیه می‌کند، برج‌های خنک‌کن مکشی راندمان بالاتری دارند، آلودگی بیشتر معرف برق بالاتری و تعمیر



و نگهداری آنها دشوارتر است. پره‌های برج‌های خنک‌کن معمولاً از آلومینیوم، فولاد رنگ زن یا فایبرگلاس ساخته می‌شوند.

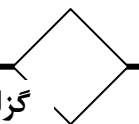
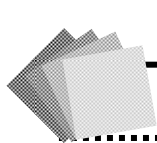
برج‌های خنک‌کن تر با جریان طبیعی هوا

اولین آنها برج‌های خنک‌کن چوبی بود که در اوایل قرن ۱۹ در هند ساخته شد. بعداً در ساخت آنها از فولاد به جای چوب استفاده شد و امروزه آنها را از بتن تقویت شده می‌سازند؛ قبلاً این برج‌ها به صورت تقریباً استوانه‌ای شکل ساخته می‌شدند که قسمت فوقانی آنها به شکل مخروط ناقص وارونه بود. ولی امروزه این برج‌ها به شکل هذلولی دوار ساخته می‌شوند. در این برج‌ها به دمنده‌ها نیازی نیست و در آنها جریان هوا به فشار محرکی طبیعی ناشی از اختلاف چگالی هوای سرد بیرون و هوای گرم مرطوب داخل برج بستگی دارد. فشار محرک Δp_d در رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\Delta p_d : (P_0 - P_i) H J / J_c$$

برج تر پیوندی

برج‌های طبیعی بسیار بزرگ هستند ولی در مقابل، انرژی کمی استفاده می‌کنند، برج‌های خنک‌کن با جریان اجباری هوا ارزانتر هستند ولی انرژی بیشتری مصرف می‌کنند، برج پیوندی مجهز به دمنده و ویژگی‌های خوب برج‌های با جریان طبیعی اجباری را توأم دارد. در این برج ساختمان همانند برج طبیعی ولی



کوچکتر را داراست، تعدادی فن در اطراف برج تعبیه شده است، تا به جریان هوا کمک کند.

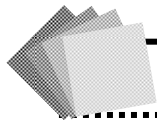
برج‌های خنک‌کن خشک

برج‌های خنک‌کن خشک به برجی گفته می‌شود که در آن آب گردشی از داخل لوله‌های پرده‌دار می‌گذرد و هوای خشک از روی لوله‌ها عبور می‌کند. بنابراین هم گرمای منعب شده از آب گردش به صورت گرمای محبوس به هوای خشک وارد می‌شود، برج‌های خنک‌کن خشک می‌تواند از نوع جریان مکانیکی یا جریان طبیعی باشد.

شرح دستگاه آزمایش

این دستگاه یک برج خنک‌کن از نوع دمشی می‌باشد که تعداد زیادی سنسور در نقاط مختلف روی دستگاه نصب شده است و به وسیله آن می‌توان دمای اندازه‌گیری کرد، در این دستگاه از طبقات چوبی به عنوان پکینگ استفاده می‌شود و دبی آب ورودی را می‌توان کنترل و مقدار دقیق آن را اندازه‌گیری کرد.

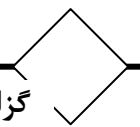
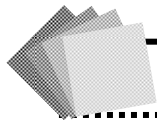
نحوه انجام آزمایش



دبی مشخصی از آب گرم را وارد برج می‌کنیم، دمای هوای ورودی و هوای خروجی، دبی آب گرم و دبی هوا را یادداشت می‌کنیم، سپس دما را با استفاده از سنسورها توسط صفحه نمایشگر در هر یک از پکینگ‌ها یادداشت می‌کنیم. سپس دبی آب گرم را تغییر داده و مراحل فوق را دوباره تکرار می‌کنیم.

جدول زیر نتایج این آزمایشات را نشان می‌دهد.

	T1	T12	T13	T14	T15	T16	t17	T6	T1	Tw	Δh
100	52. 2	44. 3	37. 1	33. 8	32. 1	29. 4	26. 7	17. 8	28. 5	28. 5	34
200	52	47	42. 3	41	39. 5	37. 7	31. 3	23. 5	29. 6	30. 3	34
300	48. 1	45. 1	43. 3	42. 6	42. 5	39. 8	33. 9	26. 2	32	31. 3	34



آزمایش هدایت يك بعدي (رسانايي)

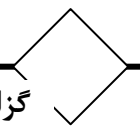
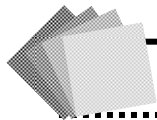
مقدمه

در اشاره با واژه رسانايي، بایستی فوراً توجه خود را به فعالیتهای اتمی و مولکولی معطوف می‌سازیم. زیرا فعالیتهایی در این سطح عامل این شیوه انتقال حرارت هستند. رسانايي را می‌توان به صورت انتقال انرژی از ذرات پر انرژی به گرفتن يك گاز و با استفاده از دستگاه ترمودینامیکی به آسانی شرح داد. گازی با دمای یکنواخت را در نظر بگیرید. دمای هر نقطه گاز به انرژی مولکولهای اطراف آن بستگی دارد.

این انرژی به نوبه خود به حرکت تصادفی انتقالی و حرکتهای ارتعاشی درون مولکولها بستگی دارد. دماهای بالاتر با انرژی مولکولی بیشتر همراه است. مولکولهای پر انرژی‌تر هنگام برخورد با مولکولهای کم انرژی‌تر مجاور بخشی از انرژی خود را به آنها منتقل می‌کند. در صورت حضور گرادیان دما، انتقال انرژی در اثر رسانايي در جهت کاهش جهت رخ می‌دهد.

تئوري آزمایش

فرایندهای انتقال گرما را می‌توان با استفاده از معادله‌های نرخ مناسب به صورت کمی درآورد. از این معادله‌ها می‌توان برای محاسبه مقدار انتقال انرژی در واحد



انرژی در واحد زمان استفاده نمود. معادله نرخ رسانایی گرما به قانون فوریه معروف است.

$$f_x'' = \frac{-kdt}{dx}$$

کار گرمایی عبارت است از نرخ انتقال گرما در جهت x بر واحد سطح عمود بر جهت انتقال حرارت که با گرادیان دما $\frac{dt}{dx}$ در این جهت متناسب است.

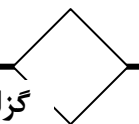
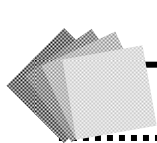
ثابت تناسب، k یک خاصیت انتقالی است، که ضریب رسانایی گرمایی نام داشته و مقدار آن به جنس ماده بستگی دارد. علامت منفی نشانه آن است که اگر گرما در جهت کاهش دما منتقل می‌شود، در شرایط دائم شکل فوق که توزیع دما در آن خطی است گرادیان دما را می‌توان به صورت زیر بیان کرد.

$$\frac{dt}{dx} = \frac{t_2 - t_1}{L}$$

توجه داشته باشید که این معادله شار گرما را می‌دهد که عبارت است از نرخ انتقال گرما بر واحد سطح نرخ گرما توسط رسانایی در یک دیوار تخت با مساحت سطح A برابر است با حاصلضرب شار گرما در مساحت سطح

$$q_x = q_x'' \cdot A$$

مقاومت گرمایی



در حقیقت بین پخش گرما و بار الکتریکی تشابهی وجود دارد همانطور که مقاومت با رسانایی الکتریکی ارتباط دارد. مقاومت گرمایی هم با رسانایی گرما رابطه دارد. اگر مقاومت را به عنوان نسبت پتانسیل رانش به نرخ انتقال گرما مربوطه تعریف کنیم. از معادلات انتقال حرارت مقاومت گرمایی برای رسانایی برابر خواهد بود با

$$R = \frac{T_1 - T_2}{q_x} = \frac{2}{K \cdot \Delta}$$

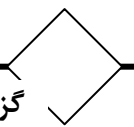
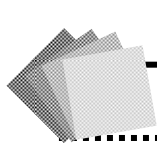
به همین ترتیب برای مقاومت الکتریکی در همان سیستم قانون هم رابطه زیر را برای مقاومت الکتریکی می‌دهد.

$$R = \frac{E_1 - E_2}{L} = \frac{L}{\delta \Delta}$$

مدار معادل ابزار مفیدی برای درک و محاسبه مسئله‌های انتقال گرما است. از مدار معادل گرمایی می‌توان برای سهل مسائل پیچیده‌ای مانند دیوار مرکب استفاده کرد، چنین دیوارهایی شامل مقاومت‌های گرمایی و موازی‌اند که در اثر لایه‌های مختلف دیوار بوجود می‌آید. نرخ انتقال گرمایی یک بعدی را برای این سیستم می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$q_x = \frac{t_1 - t_2}{\sum R_1}$$

که در آن $t_1 - t_4$ اختلاف دمای کل است و مقاومت‌های گرمایی را شامل می‌شود.



$$q_x = \frac{T_1 - T_a}{L a / k a + L a / k b + L a / k c}$$

ولي سیستم‌هاي مرکب اغلب آسانتر است. که با ضریب انتقال گرمای کلی کار شود. که به عبارتی مانند قانون سرمایش نیوتن تعریف می‌شود: یعنی

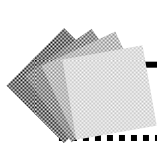
$$q_x = x \cdot \Delta T$$

شرح دستگاه آزمایش

دستگاه آزمایش شامل تعداد سنسور می‌باشد که بر روی قطعات مسی که بین آنها ماده نامعلومی وجود دارد نصب شده است. یک شار گرمایی ثابت به این قطعه‌ها که از طرف کاملاً عایق شده است وارد می‌شود، مقدار این شار به وسیله تغییرات دمای آب اندازه‌گیری می‌شود. صفحه نمایشگر دیجیتال مقدار دمای هر بخش از قطعه را نمایش می‌دهد.

روشهای انجام آزمایش

شار گرمایی ثابت را به قطعه مسی وارد می‌کنیم. اختلاف دمای آب ورودی و خروجی و مقدار دمای آن نقطه را در هر نقطه از مس پس از رسیدن به شرایط پایدار خوانده و یادداشت می‌کنیم. نمودار توزیع دما بر حسب طول را رسم می‌کنیم. سپس مقدار ضریب هدایت جابجایی مسی، قطعه نامعلوم و مقاومت سطح را بدست می‌آوریم، روش بدست آوردن ضریب هدایت جابجایی این است



که شیب خط عمودي را بدست آوريم و از روي آن با توجه به اينکه مقدار Δ, q

دارا هستيم، مي‌توانيم مقدار k را بدست آوريم.

دما	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	M
12	11	10	78.	70.	55.	48.	19.	19.	21.	21.	9.1
0	3.9	6.5	1	4	4	1	2	2	8	7	
19	17	16	11	99.	74.	62	19.	19	23.	23.	9.7
0	8.8	6.9	1.8	1	3		2		2	1	5

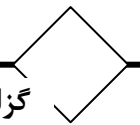
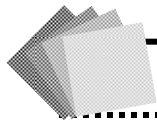
نتايج

الف) مشاهده مي‌شود که مقدار مقاومت سطح تماس تأثیر زيادي در گراديان

توزيع دما مي‌گذرد و صرفنظر کردن از آن باعث ايجاد خطاي زيادي مي‌شود.

ب) با مراجعه به منابع، مشاهده مي‌شود که مقدار x بدست آمده براي مس با

دقت قبولي مقادير جداول سازگاري دارد.



آزمایش مبدل آب و هوا

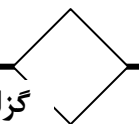
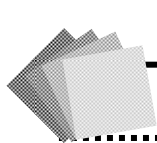
مقدمه

اگر دمای جریان در دو سیال و سطح متفاوت باشند، لایه مرزی گرمایی بوجود می‌آید. (مثابه تفاوت سرعت سطح سیال در حالت حرکت و ایجاد لایه مرزی سرعت در سیالات).

جریان يك سیال روی يك سطح را در نظر می‌گیریم. پروفیل دما در لبه جلویی یکنواخت $T_4 = T_\infty$ است ولی ذرات سیال که با سطح تماسند به تعادل گرمایی با سطح می‌رسند.

با تعادل انرژی بین این ذرات و ذرات سیال مجاور گرادیان دما در سیال ایجاد می‌شود. ناحیه‌ای از میان این گرادیان دما در آن وجود دارد. لایه مرزی انتقال حرارت یا گرمایی نامیده می‌شود. ضخامت آن برابر δT است.

این لایه شامل سه ناحیه در محور عمودی و در محور افقی است. البته لایه مرزی برابر $99\% = (T_s - t)/(t_3 - t)$ است. وقتی لایه مرزی از نوع آرام باشد، سیال عایق خوبی است. اگر از نوع گذرا (انتقال) باشد، اصلاً عایق نیست، چون حرکات نامنظم سیال باعث انتقال حرارت زیاد می‌شود. وقتی از نوع درهم باشد يك عایق متوسط است.



لایه مرزی یعنی عایق حرارتی. پس برای انتقال حرارت باید لایه مرزی کاهش یابد. برای اینکار باید جنس عایق بد باشد یا اینکه ناحیه مربوطه نسبتاً افزایش یابد.

با افزایش سطح انتقال حرارت بیشتر می‌شود.

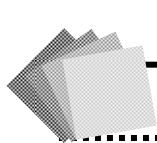
$$Q = hA\Delta T_m$$

در این آزمایش هدف بررسی لایه مرزی با افزایش فاصله از آن می‌باشد. یعنی تغییر دما را بررسی خواهیم کرد.

شرح دستگاه

قسمت اصلی دستگاه شامل دو استوانه می‌باشد که داخل هم قرار داده شده‌اند. استوانه کوچکتر فلزی بوده که از داخل آن آب گرم عبور می‌شود. لوله بزرگتر شیشه‌ای بوده که از داخل آن هوا عبور داده می‌شود و در واقع هوا از میان دو استوانه عبور می‌کند. لایه مرزی در همین فضا ایجاد شده، یعنی گرد دو استوانه کوچک سطح موردنظر می‌باشد. و هوا سیال موردنظر، که باعث بوجود آمدن لایه مرزی اختلاف دمای آنهاست.

آب در بویلر گرم شده و مطابق شکل توسط لوله‌ای به داخل استوانه فرستاده می‌شود و هوا نیز توسط یک پروانه به داخل دو استوانه پمپ



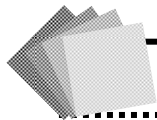
می‌شود.

دماي هوا بين دو استوانه توسط سنسوري به صورت عمودي بر روي دو لوله نصب شده اندازه‌گيري می‌شود که اختلاف فاصله ایجاد شده نوک سنسور و سطح بوسیله يك میکرومتر دقیق انجام می‌شود.

مقایسه بین بحث تئوري و عملي

براساس ونتوري بایستی گرادیان دما در نزدیک سطح بیشتر باشد. مطابق شکل هر چه به لایه مرزي $0/99$ نزدیک تر می‌شویم باید این گرادیان کاهش یابد. براساس نمودار عملي نیز تقریباً همین نتیجه حاصل شده، یعنی در نزدیک سطح $0/1 < \gamma < 0/01$ گرادیان با تغییرات و یا شدید گزارش شود. و سپس دوباره وقتی از سطح دور شویم این تغییرات تعدیل یافت. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود در نزدیک سطح شیب گرادیان بسیار زیاد می‌باید یعنی تغییرات دما شدید می‌باشد که سنسور به آن متصل است و دماها بوسیله دماسنج‌های دیجیتالی اندازه‌گيري می‌شوند.

روش انجام آزمایش

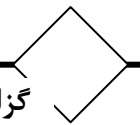
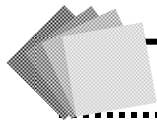


بویلر را روشن کرده و دمای آب را برای 65°C تنظیم می‌نماییم. وقتی آب به این دما رسید پمپ آب را روشن می‌کنیم. آب در استوانه مرکزی جریان یابد. در این زمان پنکه را نیز فعال می‌کنیم تا هوا در مخزن جهت آب از بین دو استوانه عبور نماید.

در این زمان میکرومتر را طوری تنظیم می‌کنیم که سنسور گرمایی با استوانه حاصل آب گرم و سطح مماس شود.

حال شروع به افزایش فاصله بین سنسور و سطح می‌نماییم. با این کار دما در لایه مرزی بالا رفته و به سطح $0/99$ نزدیک می‌شویم. در فواصل معین (y) باید دماهای (t) را اندازه‌گیری نماییم. داده‌های زیر حاصل می‌شوند.

y_{mm}	$t^{\circ}\text{C}$
0.01	56.8
0.02	56.1
0.03	52.3
0.05	44.9
0.07	43.6
0.1	42.8
0.13	42.2
0.17	41.9
0.21	41.8
0.26	41.7
0.32	41.5
0.5	41
0.7	40.5
0.8	40.2
1.2	39.7
2.2	38.1
3.5	36.5



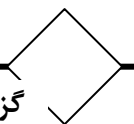
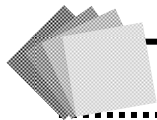
آزمایش دستگاه تهویه مطبوع

مقدمه

شرایط محیط زیست انسان، تأثیر مستقیمی بر چگونگی حالات روانی، وضعیت فیزیکی، نحوه انجام کار و بطور کلی تمام شئون زندگی او دارد. از آنجا که بخش عمده‌ای در زندگی بشر امروزی در ساختمان، محل کار، یا منزل و... حائز اهمیت بسیاری است. کاملترین بخش آن تهویه مطبوع برای ساکنین ساختمان باتوجه به نوع فعالیت آنهاست. زیباترین و گرانبهاترین ساختمان در صورتیکه فاقد سیستم تهویه مطبوع مناسب باشد قابل سکونت نخواهد بود.

اهمیت و اهم وظایف يك سیستم تهویه مطبوع عبارتند از: کنترل دما و رطوبت و سرعت وزش باد و هوا زدودن گرم سایر آلودگی‌های هوا در صورت لزوم، از بین بردن میکروبها و باکتریهای معلق در هوا.

گزینش صحیح نوع سیستم تهویه مطبوع برای يك فضا یا ساختمان تصمیم بسیار اساسی است که توسط مهندس طراح سیستم اخذ می‌گردد. در این انتخاب علاوه بر داشتن مهندسین طراح و یا ساکنین و اتصال و شرایط ساختمانی نیز دخالت دارند. عوامل زیادی باید مورد تجزیه و تحلیل و قضاوت قرار



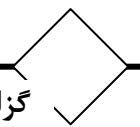
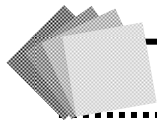
گیرند. از اهم آنها ایده‌های شخص یا سازمان سرمایه‌گذار و جنبه‌های اقتصادی طرح می‌باشد.

انواع سیستم‌های تهویه مطبوع

Direct Expansion - ۱

این سیستم شامل يك واحد تهویه کننده خردکن است، می‌تواند در داخل فضای مورد تهویه یا در مجاورت آن نصب شود. مایع سریع سرد سنگینی در داخل کویل‌های این واحد تبخیر گردیده هوای عبوری از روی کویل‌ها و نتیجتاً فضای اتاق را خنک می‌کنند. گرمایش فضای مورد تهویه می‌تواند توسط همین واحد یا بطور جداگانه صورت گیرد. شکل زیر سیستم Dx را بطور شماتیک نشان می‌دهد.

۲- سیستم تمام آب Dx System

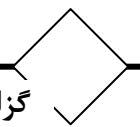
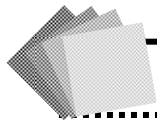


در این سیستم سیال و آب سرد و یا آب گرم در محل جداگانه‌ای تهیه شده و به داخل کویلها حرارتی اتاق ارسال می‌گردد. و در آنجا هوایی را که با سرعت از روی کویل عبور می‌کند سرد یا گرم می‌کند.

۳- سیستم تمام هوا

در این سیستم دستگاه تهیه کننده هوای مطبوع در محلی دور از فضای مورد تهویه قرار می‌گیرد. میان ناقل حرارت (آب سرد، آب گرم یا بخار) داخل کویلهای دستگاه تهویه مطبوع مرکزی ارسال شده هوایی را که توسط بادزن به سرعت از روی این کویلها عبور داده می‌شود را سرد یا گرم می‌کند. این هوا از انجام یک سلسله تحولات دیگر از قبیل رطوبت‌زنی و غیره از طریق سیستم به فضای مورد تهویه فرستاده می‌شود. شکل زیر یک سیستم تمام هوا را بطور شماتیک نشان می‌دهد.

۴- سیستم هوا - آب

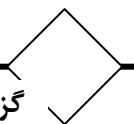
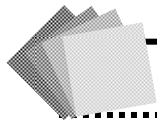


در این سیستم آب گرم یا سرد تهیه شده در دستگاههایی که دور از فضای مورد تهویه قرار دارد به داخل مبدل حرارتی داخل اتاق ارسال گردیده بخش اعظم بار حرارتی را جبران می‌کنند.

از طرفی دیگر مقدار هوای گرم یا سرد که آن نیز وظیفه تأمین اندکی از بار حرارتی اتاق را بر دوش دارد، ولی در عوض نیاز اتاق به هوای تازه را برآورده می‌کند مبدل حرارتی اتاق می‌تواند یک واحد القایی یا یک پانل تشعشعی باشد. شکل زیر شماتیک یک سیستم هوا - آب را نمایش می‌دهد.

شرح دستگاه آزمایش

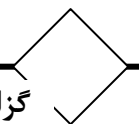
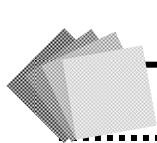
دستگاه آزمایش یک سیستم تهویه مطبوع $\Delta H4$ می‌باشد، در ابتدای دستگاه دمنده آن قرار دارد که وظیفه ایجاد جریان اجباری هوا را به عهده دارد. بعد از آن آبگرمکن هوا وجود دارد که وظیفه گرم نمودن هوا را به عهده دارد و این عمل از طریق ۲ المنت انجام می‌گیرد. در مقطع بعدی واحد تزریق بخار داغ قرار دارد که عمل رطوبت زنی را انجام می‌دهد. در مقطع بعدی ۲ ترنومتر قرار دارد که عمل



مشخص کردن دمای خشک و هوا را به عهده دارد. در مقطع بعدی کویل سرمایش هوا وجود دارد که بوسیله آب خنک هوا را سرد می‌کند، بعد از کویل سرد گرمکن مجدداً وجود دارد و بعد از آن نیز ۲ ترنومتر دماهای خشک و تر هوا را برای ما مشخص می‌کند. در مقطع خروجی دستگاه فیزیکی، اورفیس وجود دارد.

نحوه انجام آزمایش

فن دستگاه را روشن می‌کنیم، مقدار دمای هوا را در ۲ مقطع دستگاه می‌خوانیم و سپس گرم کن هوا را روشن کرده و دمای خشک و مرطوب هوا را



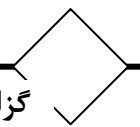
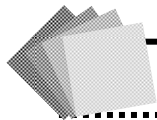
دو مقطع می‌خوانیم. سپس گرمکن را خاموش کرده و بخار داغ را وارد سیستم می‌کنیم و دما را دوباره می‌خوانیم در مرحله پایانی عمل رطوبت زنی و گرم کردن را تواما انجام داده و دماهای تر و خشک هر مقطع را قرائت می‌کنیم.

	T1	T2	T3	T4
فن روشن	20.6	14.1	20.6	13.6
گرمایش	21	14.3	27	19
رطوبت زنی	24.4	19.1	23.7	18.6
گرمای و رطوبت زنی	25.3	22.5	29.1	23.5

دمای خشک	D	20.6	21	24.4	25.3
	G	20.6	27	23.7	29.1
دمای مرطوب	D	14.1	14.3	19.1	22.5
	G	13.6	19	18.6	23.5
نسبت رطوبت	D	0.0086	0.0086	0.134	0.0188
	G	0.0006	0.0126	0.013	0.021
رطوبت نسبی	D		49.8	62.2	90.6
	G	67.4	50.2	63.1	63.8
آنتالپی	D	42.44	53.01	58.5	71.65
	G	40.99	59.13	56.75	75.63
حجم مخصوص	D	0.095	0.946	0.964	0.97
	G	0.944	0.972	0.962	0.987

نتایج

همانطور که از اعداد بدست آمده مشخص می‌شود با افزایش دما بدون رطوبت زنی دمای تر هوا افزایش و تعداد رطوبت نسبی کاهش می‌یابد. میزان W ثابت مانده ولی میزان V,H افزایش می‌یابد.

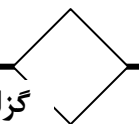
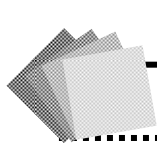


با توجه به اعداد بدست آمده هنگامی که فقط رطوبت زنی انجام می شود دمای خشک هوا و آنتالپی تقریباً ثابت می مانند، رطوبت نسبی افزایش می یابد و حجم تقریباً ثابت است. دمای تر افزایش می یابد و همچنین مقدار W افزوده می شود.

آزمایش جابجایی اجباری

مقدمه

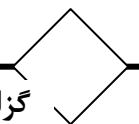
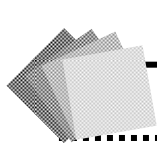
شیوه انتقال گرمای جابجایی از دو مکانیزم تشکیل شده است. علاوه بر انتقال انرژی توسط حرکت تصادفی مولکولی (پخش گرما) حرکت توده ای یا کروسکیپی سیال نیز در انتقال انرژی سهم دارد، این حرکت سیال در حقیقت تعداد زیادی از مولکولها را یکجا بطور دسته جمعی جابجا می کند که در صورت وجود گرادیان دما به انتقال حرارت کمک می کند. چون مولکولها در حین حرکت دسته جمعی، حرکت تصادفی خود را خط می کنند در نتیجه کل انتقال گرما ناشی از جمع



انرژی حرکت تصادفی مولکوری و حرکت تده سیال خواهد بود. هنگامی که جمع این دو اثر مدنظر باشد از واژه جابجایی استفاده می‌شود وقتی که پدیده انتقال تنها ناشی از حرکت توده سیال باشد به آن از واکسیون گفته می‌شود ما بیشتر به انتقال گرمایی جابجایی بین کار سیال در حالت و یک سطح جامد که در دماهای متفاوتی اند علاقه‌مند هستیم تا جریان سیال یک سطح گرم مانند شکل زیر را در نظر بگیرید.

در نتیجه کنشی بین سطح و سیال به ناحیه‌ای در نزدیکی سیال در داخل سیال بوجود می‌آید که سرعت سیال در آن از صفر در روی سطح تا مقدار معین u در داخل جریان تغییری کند به این ناحیه از سیال لایه مرزی سرعت یا لایه مرزی هیدرودینامیکی گفته می‌شود.

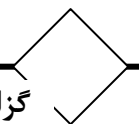
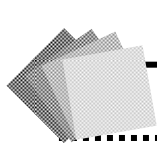
علاوه بر این اگر دمای سطح با دای سیال متفاوت باشد ناحیه‌ای از سیال وجود خواهد داشت که در آن دما از T_s در $y=0$ تا t در جریان آزاد تغییر می‌کند. این ناحیه که لایه مرزی گرمایی نام دارد ممکن است باریکتر، پهن‌تر یا هم اندازه لایه مرزی هیدرودینامیکی باشد در هر صورت اگر دمای سطح و سیال متفاوت باشد



انتقال حرارت جابجایی رخ خواهد داد. شیوه انتقال حرارت جابجایی بوسیله حرکت تصادفی مولکولی در نزدیکی سطح که سیال کم است. در واقع در فصل مشترک سطح و سیال ($y=0$)، سرعت سیال صفر است.

گرما تنها در اثر این مکانیزم منتقل می‌شود، سهم حرکت توده‌ای سیال از اینجا ناشی می‌شود که لایه مرزی در جهت x رشد می‌نماید. گرمایی که در اثر رسانه‌ای به این لایه منتقل شده به پایین و سمت جریان حمل می‌شود و سرانجام به بیرون لایه مرزی جریان می‌یابد، شناخت پدیده لایه مرزی مبری انتقال گرمایی جابجایی ضروری است. به همین دلیل است که موضوع مکانیک سیالات در تجزیه و تحلیل‌های آینده ما در رابطه جابجایی نقش حیاتی را ایفا می‌کند.

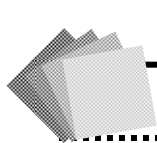
انتقال گرمایی جابجایی بر اساس ماهیت جریان دسته‌بندی می‌شود. هنگامی که جریان سیال به وسیله عوامل خارجی مانند یک فن، پمپ یا جریان بار ایجاد می‌شود از واژه جابجایی اجباری استفاده می‌کنیم. جریان هوا به وسیله یک فن که برای خنک کردن اجزای الکترونیکی داغ مدارهای چاپی به کار می‌رود از این نوع است. در سومی دیگر جابجایی آزاد (یا طبیعی) جریان توسط نیروهای غوطه‌وری بوجود می‌آید که حامل اختلاف چگالی ناشی از تغییراتی دما در سیال است. انتقال گرمایی که از قطعات الکترونیکی در آرایش عمومی رخ



می‌دهد چگالی از نوع جابجایی آزاد است هوایی که با این قطعات در تماس است گرم شده و چگالی آن کم می‌شود. چون این هوا از هوای محیط سبکتر است، نیروهای غوطه‌وری باعث ایجاد یک حرکت عمودی می‌شود که در نتیجه آن هوای گرم به بالا صعود کرده و هوای سرد محیط جای آن را می‌گیرد. اما فرایندهای جابجایی وجود دارد که در آنها تبادل گرمایی نهان نیز مطرح است. این تبادل گرمایی نهان غالباً با تغییر فاز بین حالت‌های مایع و بخار یک سیال همراه است. به عنوان مثال جریان سیال ناشی از جابجایی بخار در کف یک ظرف آن جوشان یا ناشی از میعان بخار آب روی سطح لوله حاصل آب سرد از موارد انتقال گرمایی جابجایی است. شکل مناسب معادله نرخ صرفنظر از نوع فرایند به صورت زیر است:

$$y'' = h(T_s - T_\infty)$$

که در آن y'' شار گرمایی جابجایی (W/m^2) اختلاف دمایی بین سطح T_s در سیال T_∞ بستگی دارد، این قانون به سرمایش نیوتن معروف است. کفایت تناسب h ضریب انتقال گرمایی جابجایی نام دارد. مقدار آن به شرایط لایه مرزی که خود به هندسه سطح و ماهیت جریان سیال و بعضی از خواص ترمودینامیکی و انتقالی سیال وابسته است، بستگی دارد. تمام مطالعات درباره جابجایی نهایی به مطالعه روش‌های تعیین h منتهی می‌شود. اگر در معادلات فوق شماره‌گر از



سطح منتقل شود $T_s > T_\infty$ شار گرما را مثبت و اگر گرما به سطح منتقل شود

$T_\infty > T_s$ و شار گرما را منفی در نظر می‌گیریم.

روش انجام آزمایش

مقدار معینی از جریان دو را از گرمکن عبور می‌دهیم تا شار ثابت از سطح لوله

عبور کند. جریان هوای اجباری را از داخل محفظه بین دو لوله عبور می‌دهیم.

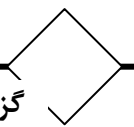
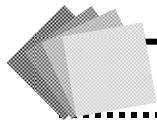
پس دبی هوا مقدار دما در هر نقطه از ورودی و خروجی هوا، مقدار دما و

عملیات را تکرار می‌کنیم. سپس مقدار دمای جداره را در محفظه و مقدار h_1 تا

h_0 و مقدار q_v و q_w در هر مرحله و در هر نقطه مقدار عدد Re را در هر مرحله

حساب می‌کنیم. نمودار تغییرات دما و ضریب انتقال حرارت را رسم می‌نماییم.

	5	10	20	30	50	10	20	40	60	80				
						0	0	0	0	0				
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T1	Ta	V	I	P
										0				
40	24	24	25	25	25	26	28	30	32	35	21	0.	11	1
		.6	.5	.5	.9	.7	.2	.7	.8	.4	.2	8		



62	23	24	24	24	25	26	26	28	30	32	21	0.	11	1
	.3	.6	.5	.8	.1	.8	.9	.9	.7	.6	.7	8		

نتایج

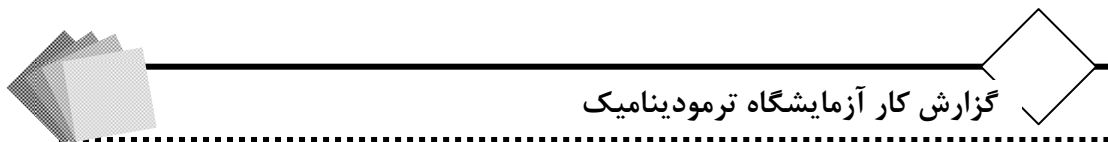
۱- همانطور که در نمودارهای و جداول مشاهده می‌شود در جریان با دبی

بالتر به علت بزرگتر بودن سرعت و عدد Re مقدار ضریب حرارت بیشتر است

و این بیانگر این نوع است که عدد با مقدار سرعت رابطه مستقیمی دارد.

۲- به علت بالا بودن ضریب رسانایی‌های داخل لوله و خارج لوله تفاوت چندانی

ندارد.



۳- با زیاد شدن مقدار اختلاف دمای جریان و دمای لوله میزان ضریب انتقال

حرارت کاهش می‌یابد که صحت رابطه $Q = h\Delta T$ را به اثبات می‌رساند.

۴- با افزایش مقدار ΔT به علت ثابت بودن هر مقدار h کاسته می‌شود.