

آشنایی با کانال کشی تاسیسات مکانیکی ساختمان

علی کامیاب ' کارشناس ارشد مهندسی خودور و پایه ۳ تاسیسات مکانیکی و استاد دانشگاه

کانال هوا

کانال (channel) محفظه ای برای عبور سیال می باشد که در اینجا هوا را به عنوان سیال عامل بررسی می کنیم. کانال در واقع شامل مسیری است که هوای مطلوب تولید شده توسط وسیله سرمایشی را به فضای مورد نیاز جهت تهویه مرتبط می سازد. کانال ها دارای سطح مقطع دایره ای و مستطیلی می باشند که در ساختمان ها از کانال های با مقطع مستطیلی استفاده می شود. کانال ها دارای جنس های مختلفی از جمله پارچه ای، ورق گالوانیزه و گاهی آلومینیوم هستند. ابعاد آنها نیز بر اساس میزان دبی هوای مورد نیاز تعیین می شود. در طول مسیر کانال از زانو ها نیز استفاده می شود و این زانو ها باید به گونه ای باشند که افت فشار زیادی را ایجاد نکنند. کانال ها را در برخی موارد عایق بندی نیز می کنند تا اتلاف انرژی از داخل آن کمتر انجام شود و یا اصلاً صورت نگیرد. در اکثر سیستم های تهویه مطبوع، انتقال سرما و گرما توسط کانال انجام می شود. بدین ترتیب که هوا پس از تغییراتی که بر روی آن در دستگاه از نظر دما و رطوبت صورت می گیرد ابتدا از کانال رفت خارج شده و وارد محیط می شود و سپس از طریق کانال برگشت وارد دستگاه شده تا تغییرات دوباره بر روی آن اعمال شود.



شکل ۱: یک سیستم کانال کشی نزدیک هواساز

بررسی جریان هوا درون کانال

برای محاسبه کانال مخصوص عبور هوا در سیستم های هوا رسانی اطلاعاتی از افت فشار و قوانین جریان های مربوط لازم است.

در جریان هوا در داخل کانال یک لایه نازک سیال که نزدیک دیواره کانال در جریان می باشد حرکت قابل توجهی نسبت به لایه های وسط مقطع کانال نداشته است. حال اگر این سیال در طول تمام مقاطع، موازی هم حرکت کند در این صورت آنرا جریان موازی می نامند. هر قدر به طرف مرکز سطح مقطع کانال نزدیک شویم سرعت به نسبت بیشتر می شود و سرعت متوسط سیال در تمام مقاطع بیشتر از $\frac{2}{3}$ سرعت ماکزیمم می گردد (سرعت ماکزیمم در مرکز است)؛ و افت فشار در این نوع جریان به علت نیروهای اصطکاکی

متقابل ما بین لایه های سیال که موازی هم در حرکت هستند، حاصل می شود. اگر سرعت از حدی تجاوز کند دیگر جریان موازی وجود نداشته و جریان مغشوش به وجود می آید و حرکت هایی مخالف جهت اصلی حاصل شده و سرعت متوسط در مقطع برابر ۰٫۸ سرعت حداکثر خواهد بود که در اغلب مسائل مهندسی این نوع جریان وجود دارد.

جریان هوا در داخل کانال به علت اختلاف فشار در دو طرف طول کانال به وجود می آید. فشار های مربوطه را به سه صورت فشار کلی و فشار سکون و فشار حرکتی می شناسیم که فشار کلی عبارت است از مجموع جبری فشار سکون و فشار حرکتی. فشار سکون عبارت است از فشاری که به جدار کانال وارد می شود که اگر مقدار آن خیلی زیاد شود ممکن است موجب ایجاد ترک در جدار کانال شود. اختلاف فشار سکون بین دو نقطه از مسیر موجب حرکت و همچنین جبران افت فشار های طول مسیر می گردد تا بتواند جریان سیال را برقرار نماید.

همانطور که گفته شد فشار حرکتی ممکن است از افت فشار سکون حاصل شود تا سرعتی برای جریان هوا تولید نماید و بالعکس موجب ازدیاد فشار سکون شود و خود تنزل کند. فشار های ذکر شده به هم مربوط بوده و قابل تبدیل به یکدیگرند. مثلاً ممکن است با خروج فشار سکون در طول کانال مقدار فشار حرکتی را افزایش داد و یا بالعکس. با تغییر سطح مقطع کانال سرعت هوا تغییر کرده و فشار حرکتی نیز تغییر می کند و در نتیجه فشار ساکن و فشار حرکتی نسبت به هم تغییر می نمایند، چون

$$V = \sqrt{2gP_v}$$

که در این رابطه V سرعت جریان هوا در کانال و P فشار حرکتی است.

طراحی و محاسبات کانال هوا

طرح کانال هوا: در سیستم خنک کردن فضا با استفاده از کولر آبی و کانال، وانتیلاتور باید طوری انتخاب شود که مقدار هوایی آن حداقل برابر هوای محاسبه شده و فشار سکون آن نیز حداقل مساوی یا بیشتر از جمع افت فشار های کانال باشد.

سطح مقطع کانال را طوری انتخاب می کنند که سرعت هوای مناسبی در آن به وجود آید یا به طوری که تولید صدا و ارتعاش و افت فشار زیادی ایجاد نشود و از طرفی جاگیری کمتری نیز داشته باشد تا مصالح کمتری مصرف شود.

نکات مهم در طراحی کانال:

۱. طول کانال حداقل باشد.

۲. تعداد زانو های به کار رفته در طول کانال حداقل باشد.

۳. زانو های تند به کار برده نشوند.

۴. سرعت هوا در کانال بر حسب محل مصرف و نوع ساختمان و همچنین نوع کانال مطابق جداول استاندارد باشد. مثلاً حداکثر سرعت هوا در کانال اصلی در ساختمان های مسکونی برابر ۱۰ متر بر ثانیه است که می توان آن را حدود ۲۰۰۰ فوت در دقیقه فرض کرد.



شکل ۲: سیستم کانال کشی یک ساختمان مسکونی

کانالهای از پیش عایق شده

این کانال ها به دلیل ساخت سریع تر و راحت تر جایگزین خوبی برای ورق های گالوانیزه می باشند.

پانل های عایقی که از فوم های فنولیک و PIR با پوشش دو طرفه فویل آلومینیومی و در ضخامت های ۳۰ و ۲۱ میلی متر تولید می شوند به خوبی پاسخگو نیاز های سیستم های انتقال هوا می باشند و از جمله مزایای آن ها :

۱. بدون لرزش هستند
۲. کم وزن می باشند
۳. ساخت آنها آسان است
۴. مقاوم در برابر آتش می باشند
۵. مقاوم در مقابل اشعه UV می باشند
۶. ضریب هدایت حرارتی بسیار کمی دارند
۷. هوابندی کامل و عدم وجود درز دارند



شکل ۳: کانالهای عایق دار

روشهای مختلف محاسبه ابعاد کانال

سیستم اندازه گذاری کانال ها معمولا به وسیله سرعت و یا افت فشار ثابت و یا روش بازیابی فشار استاتیکی تایین می شود.

برای تعیین اندازه کانال ها از سه روش زیر استفاده می کنند:

۱. روش سرعت

۲. روش افت فشار ثابت

۳. روش بازیابی فشار استاتیکی

روش سرعت:

سرعت جریان هوا با توجه به شرایط محیطی انتخاب می شود. تعیین اندازه کانال ها در این روش با توجه به معادله پیوستگی مطابق زیر می باشد:

$$A = q / v \quad (۱)$$

که در این رابطه A سطح مقطع کانال ، q نرخ جریان هوا بر حسب (m^3/s) و v سرعت هوا بر حسب (m/s) می باشد.

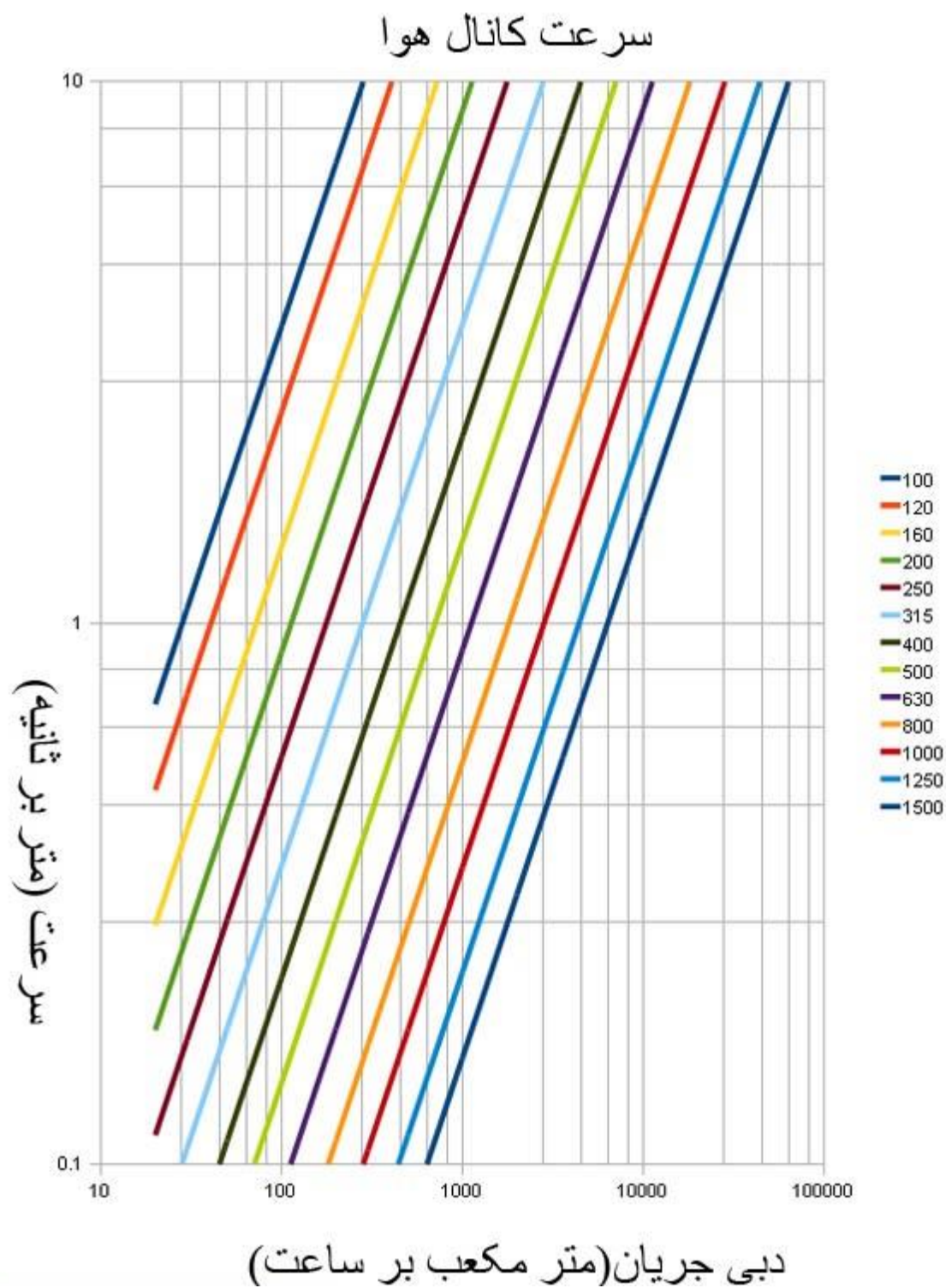
رابطه (۱) در سیستم انگلیسی به صورت زیر خواهد بود:

$$A_i = 144 q_i / v_i \quad (۱b)$$

که در این رابطه A سطح مقطع کانال بر حسب $(sq.in)$ ، q دبی هوا بر حسب (Cfm) و v سرعت هوا بر حسب (fpm) می باشد.

سرعت مناسب به شرایط محیط و کارکرد آن بستگی دارد. جدول زیر محدوده سرعت مناسب را در شرایط مختلف بیان کرده است:

سیستم های سرعت بالا		سیستم های صنعتی		سیستم های آسایشی		نوع کانال
m/s	fpm	m/s	fpm	m/s	fpm	واحد
۴ - ۷	۷۸۰ - ۱۳۸۰	۸ - ۱۲	۱۵۷۵ - ۲۳۶۰	۱۰ - ۱۸	۱۶۷۰ - ۳۵۴۰	کانال اصلی های
۳ - ۵	۵۹۰ - ۹۸۵	۵ - ۸	۹۸۵ - ۱۵۷۵	۶ - ۱۲	۱۱۸۰ - ۲۳۶۰	شاخه اصلی های
۱ - ۳	۲۰۰ - ۵۹۰	۳ - ۵	۵۹۰ - ۹۸۵	۵ - ۸	۹۸۵ - ۱۵۷۵	شاخه فرعی های



روش افت فشار ثابت:

در این روش سرعت مناسب برای کانال اصلی نزدیک به سرعت فن انتخاب می شود. پس از اینکه افت فشار شاخه اصلی انتخاب شد، الگو و معیاری برای سایر شاخه ها می شود. افت فشار در یک سطح ثابت در سیستم باقی می ماند و در این روش کاهش سرعت به

صورت خودکار انجام می شود. این روش ممکن است تغییرات مقطعی را افزایش دهد. همچنین تعداد اتصالات در این روش نسبت به روش های دیگر می تواند بیشتر باشد.

روش بازیابی فشار استاتیکی:

در روش بهبود فشار استاتیکی کانال ها و شاخه ها برای دستیابی کمتر یا بیشتر فشار استاتیکی در مقابل ورودی ها و خروجی ها انتخاب می شوند. مزیت عمده این روش، شرایط مشترک بین ورودی ها و خروجی ها است. متأسفانه این روش بسیار پیچیده است و به ندرت استفاده می شود.

تذکراتی در مورد ساخت کانال:

۱. ضخامت ورق مورد مصرف در کانال بستگی به ابعاد سطح مقطع آن دارد و هر قدر ابعاد آن بزرگتر باشد ضخامت ورق را باید بیشتر گرفت تا از لرزش کانال جلوگیری به عمل آید و برای مقاوم تر کردن کانال در برابر لرزش ناشی از جریان هوا، سطح خارجی کانال را به صورت ضربدر فرم داده و تقویت می کنند.

۲. کانال ها به علت وجود درز نمی توانند صد درصد هوای عبور کننده را در خود حفظ نمایند و بنا بر این باید تا ده درصد هوای اضافی در نظر گرفته شود.

۳. چنانچه در طول مسیر کانال به موانعی برخورد شود می توان ابعاد کانال را طوری تغییر داد که مقدار سطح مقطع کانال تغییر نکرده و کانال نیز از محل مانع عبور نماید.

۴. مقدار حداکثر مجاز تغییر شکل مقطع کانال با سرعت هوای کم به نسبت ۱ به ۴ و در سرعت های زیاد به نسبت ۱ به ۷ می باشد.

ابعاد کانالهای مدور

ابعاد کانال های مدور رایج در سیستم تهویه هوا مطابق جدول زیر می باشد:

قطر داخلی (mm)	قطر خارجی (mm)	قطر نرمال (mm)
۶۱,۸ - ۶۲,۳	۶۳ - ۶۳,۵	۶۳
۷۸,۸ - ۷۹,۳	۸۰ - ۸۰,۵	۸۰
۹۸,۸ - ۹۹,۳	۱۰۰ - ۱۰۰,۵	۱۰۰
۱۲۳,۸ - ۱۲۴,۳	۱۲۵ - ۱۲۵,۵	۱۲۵
۱۵۸,۷ - ۱۵۹,۳	۱۶۰ - ۱۶۰,۶	۱۶۰
۱۹۸,۶ - ۱۹۹,۳	۲۰۰ - ۲۰۰,۷	۲۰۰
۲۴۸,۵ - ۲۴۹,۳	۲۵۰ - ۲۵۰,۸	۲۵۰
۳۱۳,۴ - ۳۱۴,۳	۳۱۵ - ۳۱۵,۹	۳۱۵
۳۹۸,۳ - ۳۹۹,۳	۴۰۰ - ۴۰۱,۰	۴۰۰

۵۰۰	۵۰۰ - ۵۰۱,۱	۴۹۸,۲ - ۴۹۹,۳
۶۳۰	۶۳۰ - ۶۳۱,۲	۶۲۸,۱ - ۶۲۹,۳
۸۰۰	۸۰۰ - ۸۰۱,۶	۷۹۸,۰ - ۷۹۹,۳
۱۰۰۰	۱۰۰۰ - ۱۰۰۲,۰	۹۹۷,۹ - ۹۹۹,۳
۱۲۵۰	۱۲۵۰ - ۱۲۵۲,۵	۱۲۴۷,۸ - ۱۲۴۹,۳

مساحت و وزن کانال های دایروی فولاد گالوانیزه در سیستم انگلیسی مطابق جدول زیر می باشد [۱]

قطر (inches)	سطح (ft ² /ft)	وزن		
		۲۶	۲۴	۲۲
		lbs/ft Weight		
۴	۱,۰۵	۱,۰۲	۱,۳۶	۱,۵۹
۵	۱,۳۱	۱,۲۵	۱,۶۷	۱,۹۵
۶	۱,۵۷	۱,۴۹	۱,۹۸	۲,۳۲
۷	۱,۸۳	۱,۷۲	۲,۳۰	۲,۶۹
۸	۲,۰۹	۱,۹۶	۲,۶۱	۳,۰۶
۹	۲,۳۶	۲,۲۰	۲,۹۳	۳,۴۲
۱۰	۲,۶۲	۲,۵۱	۳,۳۴	۳,۹۱
۱۱	۲,۸۸	۲,۷۴	۳,۶۶	۴,۲۸
۱۲	۳,۱۴	۲,۹۸	۳,۹۷	۴,۶۴
۱۳	۳,۴۰	۳,۲۱	۴,۲۸	۵,۰۱
۱۴	۳,۶۷	۳,۴۵	۴,۶۰	۵,۳۸
۱۵	۳,۹۳	۳,۶۸	۴,۹۱	۵,۷۵
۱۶	۴,۱۹	۳,۹۲	۵,۲۳	۶,۱۲
۱۷	۴,۴۵	۴,۱۶	۵,۵۴	۶,۴۸
۱۸	۴,۷۲	۴,۳۹	۵,۸۵	۶,۸۵
۱۹	۴,۹۸	۴,۶۳	۶,۱۷	۷,۲۲
۲۰	۵,۲۴	۴,۹۴	۶,۵۸	۷,۷۰
۲۱	۵,۵۰	۵,۱۸	۶,۹۰	۸,۰۷
۲۲	۵,۷۵	۵,۴۱	۷,۲۱	۸,۴۴
۲۳	۶,۰۲	۵,۶۴	۷,۵۳	۸,۸۰
۲۴	۶,۲۸	۵,۸۸	۷,۸۴	۹,۱۷
۲۵	۶,۵۴	۶,۱۲	۸,۱۵	۹,۵۴
۲۶	۶,۸۰	۶,۳۵	۸,۴۷	۹,۹۱
		Gage		
		۲۴	۲۲	۲۰

قطر (inches)	سطح (ft ² /ft)	وزن		
		۲۶	۲۴	۲۲
		lbs/ft Weight		
۲۷	۷,۰۷	۸,۷۸	۱۰,۲۷	۱۲,۴۷
۲۸	۷,۳۳	۹,۱۰	۱۰,۶۴	۱۲,۹۲
۲۹	۷,۵۹	۹,۴۱	۱۱,۰۱	۱۳,۳۶
۳۰	۷,۸۵	۹,۸۳	۱۱,۵۰	۱۳,۹۵
۳۱	۸,۱۱	۱۰,۱۴	۱۱,۸۶	۱۴,۴۰
۳۲	۸,۳۸	۱۰,۴۵	۱۲,۲۳	۱۴,۸۴
۳۳	۸,۶۵	۱۰,۷۷	۱۲,۶۷	۱۵,۲۹
۳۴	۸,۹۱	۱۱,۰۸	۱۲,۹۶	۱۵,۷۵
۳۵	۹,۱۷	۱۱,۴۰	۱۳,۳۳	۱۶,۱۸
۳۶	۹,۴۳	۱۱,۷۱	۱۳,۷۰	۱۶,۶۳
۳۷	۹,۶۹	۱۲,۰۲	۱۴,۰۷	۱۷,۰۷
۳۸	۹,۹۵	۱۲,۳۴	۱۴,۴۴	۱۷,۵۲
۳۹	۱۰,۲۱	۱۲,۶۵	۱۴,۸۰	۱۷,۹۷
۴۰	۱۰,۴۷	۱۳,۰۷	۱۵,۲۹	۱۸,۵۵
۴۱	۱۰,۷۳	۱۳,۳۹	۱۵,۶۶	۱۹,۰۰
۴۲	۱۰,۹۹	۱۳,۷۰	۱۶,۰۲	۱۹,۴۵
۴۳	۱۱,۲۶	۱۴,۰۱	۱۶,۳۹	۱۹,۸۹
۴۴	۱۱,۵۲	۱۴,۳۲	۱۶,۷۶	۲۰,۳۴

سیستم اگزاست بخار

سیستم اگزاست بخار در سالن های صنعتی هوای آلوده را توسط هواکش ها تخلیه نموده و در نتیجه گاز، بخار، گرد و غبار و مواد معلق ناشی از مراحل تولید از محیط خارج می شود. برای این منظور دو سیستم وجود دارد:

۱. تخلیه کلی هوا (General exhaust)
۲. تخلیه موضعی هوا (Local exhaust)

در تخلیه کلی هوا با نصب تعدادی هواکش در فواصل مناسب می توان هوای محیط را تخلیه نمود و در تخلیه موضعی هوا با اجرا یک سیستم کانال کشی که انشعابات آن روی ماشین آلات مورد نظر قرا می گیرد هوای آلوده مربوط به هر ماشین تخلیه می شود. سیستم تخلیه موضعی نسبت به سیستم تخلیه کلی برتری دارد زیرا هوای آلوده را قبل از اینکه در محیط پخش شود خارج می نماید و در ضمن حجم هوای کمتری را خارج می کند و هواکش کوچکتری نیاز دارد. تخلیه هوا سبب ایجاد فشار منفی در محل شده در نتیجه هوای تازه از درب ها و پنجره ها را به داخل می کشد.

سیستم تخلیه موضعی هوا

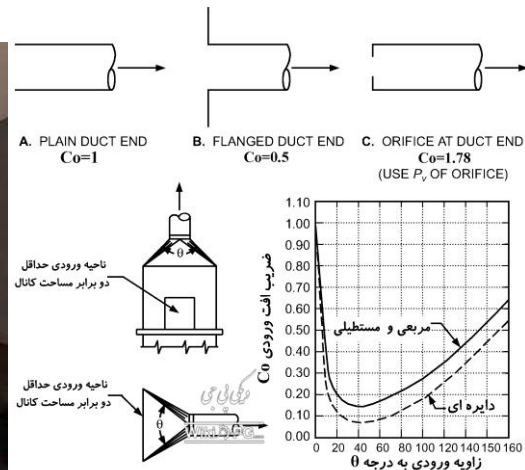
این سیستم دارای پنج قسمت می باشد:

۱. هود (Hood)
۲. سیستم کانال کشی (Duct system)
۳. فیلتر (air cleaning device)

۴. هواکش (air moving device)
 ۵. کانال عمودی یا دودکش (Exhaust stack)

انواع هود

یک هود مناسب باید بتواند با تخلیه حداقل هوا حداکثر مواد زائد در هوای آن قسمت را خارج نماید لذا برای طراحی هود مناسب باید اطلاع کاملی از پروسس ماشینی که به هود نیاز دارد به دست آورد. هود های تخلیه معمولاً گرد، مستطیلی، یا شیب دار هستند که با توجه به هندسه مکان انتخاب می شوند و در دو نوع باز (non closing) و بسته (Enclosing) تقسیم می شوند. هود های بسته از آنجایی که حجم هوای کمتری را خارج می کنند نسبت به هود باز راندمان بالاتری داشته و مقرون به صرفه ترند. تمام بخش های هود های باز قابل جدا شدن هستند. تیغه ها، صفحه و سیل ها در این نوع هود قابل جابه جایی بوده و این امکان را فراهم می کند که سطح محوطه برای کنترل آلودگی، بدون اختلال در کار بیشتر شود.



هود های اگزاست باز می تواند در محل ثابت باشد؛ در حالیکه هود های متحرک برای محل هایی که نیاز به جابه جایی جهت تمیزکاری و تعمیرات وجود دارد، استفاده می شود. (به عنوان مثال کوره های الکتریکی در ذوب فولاد)

دبی هوای هود

برای محاسبه مقدار حجمی جریان هوایی که هود باید خارج کند ابتدا سرعت عبور هوا از دهانه باریک هود را مشخص نموده، آنگاه با داشتن سرعت می توان مقدار حجمی جریان هوا را محاسبه کرد. برای هود باز از رابطه زیر استفاده می شود.



$$Q=VA$$

که در آن

Q: دبی هوای اگزاست (Cfm)

V: سرعت عبور هوا (fpm)

A: سطح مقطع دهانه هود (ft²)

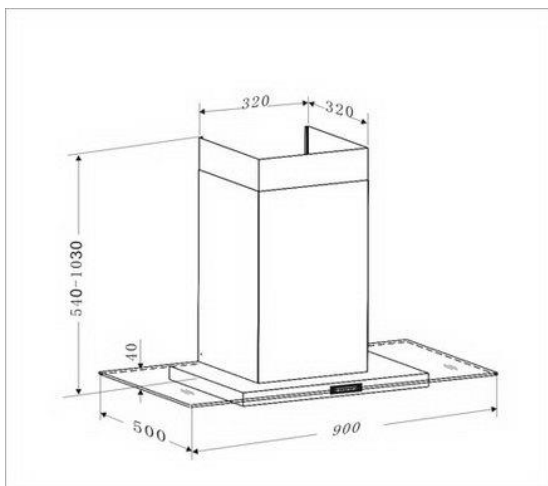
برای هوای استاندارد مقدار فشار سرعتی از رابطه $v = 4005 \sqrt{P_v}$ به دست می آید که در آن :

Pv: فشار سرعتی بر حسب اینچ آب

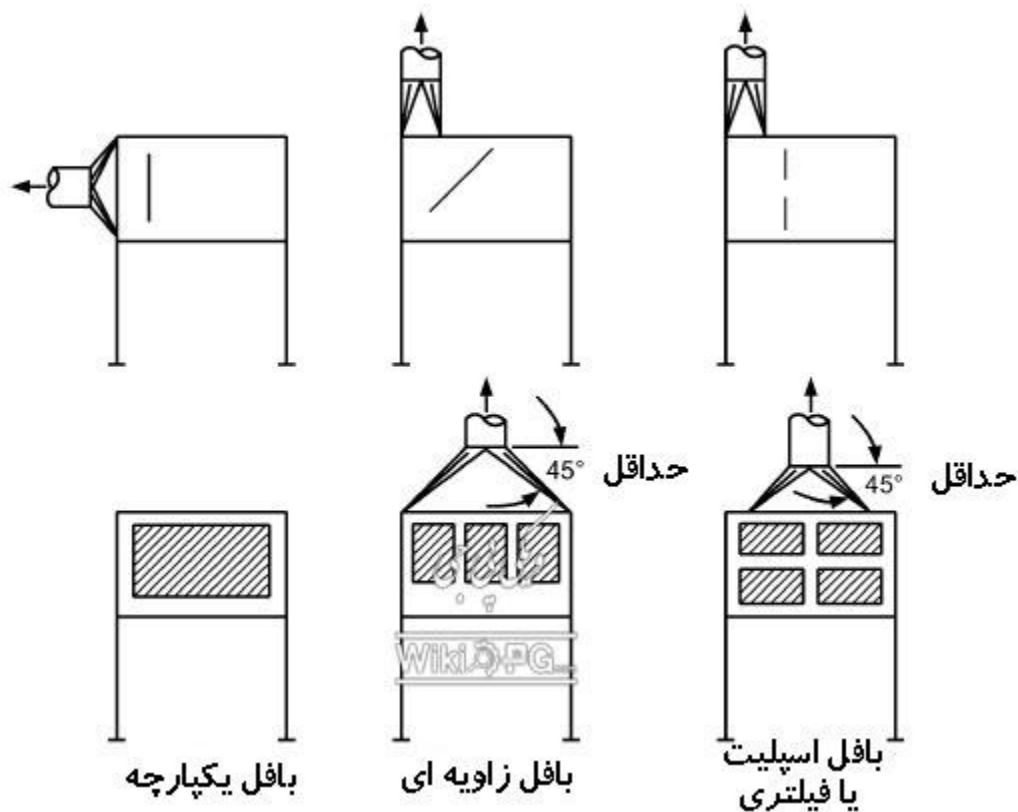
V: سرعت عبور هوا (fpm)

رنج سرعت عبور هوا در هود

وضعیت انتشار الودگی	نمونه	سرعت عبور m/s
هوای آزاد شده بدون سرعت	تبخیر از مخازن، گریس کاری، آبکاری	۰٫۲۵-۰٫۵
هوای آزاد شده با سرعت کم	جوشکاری، انتقال نوار تسمه با سرعت آرام، پر کردن مخازن	۰٫۵-۱
تولید هوا با سرعت زیاد	پر کردن سریع مخزن، بارگیری سریع، خرد کردن، لرزش	۱-۲٫۵
تولید هوا با سرعت بسیار زیاد	سنگزنی، سند بلاست	۲٫۵-۱۰



برای اینکه هوا به طور یکنواخت وارد هود شود گاه لازمست که یک یا چند صفحه فلزی (Baffle) در نزدیک دهانه مکنده هوا در هود نصب گردد تا مکش هوا در تمام نقاط هود تقریباً به یک اندازه شود. این صفحه سبب می شود که جریان هوا از نقاط پایین به هود نرود و هود فقط از لبه های خود هوا را بگیرد و در نتیجه راندمان آن بیشتر می شود و هوای آلوده در بالای نقطه کار را خارج می نماید.



اصول اساسی طراحی هود

مطالعات مختلف از سیستم های اگزاست منجر به حصول نتایج ذیل گشته:

- محل هود تا حد ممکن باید به آلودگی نزدیک باشد.
- بازشوی هود باید طوری باشد تا آلودگی ها را منحرف نسازد.
- هود باید در جایی نصب شود تا آلودگی ها را از منطقه تنفسی انسان دفع کند.
- اندازه هود باید بزرگتر یا مساوی از جریان هوای آلوده باشد اگر کوچکتر باشد باید حجم هوای مکش بیشتر گردد.
- موقعیت کارگران در ارتباط با منبع آلوده و مسیر هوا باید مطابق اصول باشد.
- هود های canopy نباید در جاهایی استفاده شود که نیاز باشد اپراتور روی مخزن خم شود. (شکل زیر)



روابط طراحی هود

برای هود بسته مقدار حجمی جریان هوا از رابطه زیر به دست می آید.

$$Q = V(1.0X^2 + A)$$

Q: مقدار حجمی هوا cfm

V: سرعت هوا fpm

X: فاصله محوری بین دهانه باز هود و سطح کار ft

A: سطح مقطع دهانه باز ft²

برای هودی که مجهز به صفحه فلزی باشد رابطه فوق به صورت زیر می باشد:

$$Q = V(0.5X^2 + A)$$

برای محاسبه مقدار جریان حجمی هوا در هودهایی که به صورت فلنجی در کنار سطح کار نصب می گردد از رابطه زیر استفاده می شود.

$$Q = 0.75.V.(0.5X^2 + A)$$

هود باز باید تا حد ممکن به سطح کار نزدیک باشد تا بتواند به جای هوای اطراف، بیشتر هوای آلوده نقطه کار را خارج نماید، اگر فاصله هود باز تا نقطه کار بیش از ۳ فوت (حدود یک متر) باشد راندمان آن کاهش می یابد و هوای آلوده در محیط پخش می شود.

هود برای تخلیه هوای داغ



برای تخلیه هوای داغ از تجهیزات صنعتی توسط هود موارد خاصی را باید در نظر گرفت، از جمله حرارت ویژه و مقدار جریان انتقال حرارت. اگر شرایط به گونه ای باشد که نتوان از هود بسته استفاده کرد می توان از هود قیفی (Canopy hood) استفاده نمود که برای افزایش راندمان آن و نیز کاهش میزان جریان حجمی هوای مورد تخلیه باید فاصله آن تا محل کار را به حداقل رسانید. این فاصله بهتر است بیش از ۱ متر نباشد، گاه شرایط اجازه نمی دهد که فاصله هود تا محل کار کم باشد و لذا می توان فاصله بیشتری در نظر گرفت که در نتیجه مقدار جریان حجمی هوای تخلیه افزایش خواهد یافت، برای تعیین میزان جریان حجمی هوای تخلیه از رابطه زیر استفاده می شود.

$$Q = (3600 \times g R / PCp)^{1/3} (qLA^2P)^{1/3}$$

که در آن

Q: جریان حجمی هوای تخلیه cfm

g: شتاب ثقل 32.2 ft/s^2

R: عدد ثابت هوا $53.352 \text{ ft.lb/lb.R}$

P: فشار مطلق اتمسفریک محل psf

Cp: حرارت ویژه هوا 0.24 Btu/lb.R

q: جریان انتقال حرارتی به صورت جابه جایی Btu/min

L: ارتفاع قسمت حرارت زا زیر پوشش هود ft

Ap: سطح مقطع بالای قسمت حرارت زا زیر پوشش هود ft^2

کانال هود

انتقال هوای تخلیه از هودها به خارج باید توسط کانال صورت گیرد، معمولاً کانال گرد نسبت به چهار گوش برتری دارد زیرا سرعت هوا در تمام نقاط آن یکنواخت تر می باشد و مانع از نشست مواد خارجی موجود در هوا در جداره کانال می گردد و در نتیجه از افزایش فشار استاتیکی در مسیر جلوگیری می نماید. اگر شرایط به گونه ای باشد که باید از کانال چهارگوش استفاده شود باید تا حد امکان سعی نمود که نسبت طول و عرض مقطع تقریباً با هم برابر شوند. حداقل سرعت انتقال هوا باید به اندازه ای باشد که از نشست مواد در جداره جلوگیری گردد.

کانال کشی سیستم اگزاست صنعتی

پس از تعیین قطر کانال هر هود و آرایش سیستم، می توان مقاطع کانال های انتقالی را مانند محاسبات کانال هوا با روش افت فشار ثابت محاسبه نمود و پس از محاسبه کانال ها سیستم را بالانس فرض کرد، دو روش برای متعادل کردن سیستم کانال اگزوست صنعتی وجود دارد، یکی روش بالانس کردن تجهیزات کانال و روش دیگر متعادل کردن سیستم توسط افزایش مقاومت در سیستم کانال کشی می باشد. مثل تعویض ابعاد مقطع کانال، انتخاب اتصالات مناسب و افزایش هوا که روش بهتری نسبت به روش اول است.

برای افزایش مقدار هوا می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$Q_c = Q_d (P_h / P_i)^{0.5}$$

در این رابطه فرض بر این است که تمام طول کانال در هر قسمت دارای یک مقطع باشد و افت فشار در تمام اتصالات ثابت است.

Q_d : مقدار فلوی هوا از کانال در مقاومت کم cfm

Q_c : مقدار فلوی لازم هوا برای افزایش P_i به P_h ، cfm

P_h : افت فشار مطلق در کانال با مقاومت زیاد بر حسب اینچ آب

P_i : افت فشار مطلق در کانال با مقاومت کم بر حسب اینچ آب

برای سیستم هایی که ذرات موجود در هوا را اگزاست می کنند بهتر است زانویی هایی با شعاع انحنای زیاد نسبت به قطر کانال (r/D) به کار برد ($r/D > 1.5$) و اگر کمتر از ۱.۵ باشد فرسایش زانو در اثر برخورد با ذرات زیاد می شود و در نتیجه عمر آن کم می گردد. زانوها از هفت تکه یا بیشتر ساخته شده اند خصوصاً در قطرهای زیاد برای عبور بهتر هوا و کم کردن اتلاف انرژی و جلوگیری از سایش توسط ذرات موجود در هوا اتصال باید ۳۰ درجه باشد.

منابع و پیوندها



ویرایش

Ashrae-۲۰۱۱-Hvac-Applications-Si, Local Exhaust Versus General Ventilation

مهندس جواد م. تهرانی، تاسیسات ۱۳۷۷، انتشارات میقات

[تهویه آشپزخانه صنعتی](#)

[افت فشار هود](#)

[مطالب مربوط به تهویه مطبوع](#)

[مطالب مهندسی مکانیک](#)

طراحی دودکش خورشیدی برای تامین هوای گرم یک اتاق مسکونی در شهر کرمان

کامیار زمزمیان^۱

گروه مکانیک مرکز تحقیقات مهندسی جهاد آذربایجان شرقی

تبریز، صندوق پستی ۵۱۷۴۵-۳۴۶

First Author's Email: Kamyar401@yahoo.com

چکیده

برای گرم کردن ساختمانها از دو روش گرمایش اجباری و طبیعی استفاده می شود. در گرمایش اجباری از پمپ آب یا بادریسان برای برقراری جریان آب یا هوا استفاده می شود، اما در گرمایش طبیعی، نور خورشید بصورت طبیعی و بدون بکار بردن سیستم مکانیکی و یا الکتریکی، برای گرمایش بکار می رود. در این مقاله، یک دودکش خورشیدی که بصورت طبیعی برای گرمایش یک اتاق ۳ متر در ۴ متر فرضی بکار می رود، طراحی شده است. این هواگرمکن، برای شهر کرمان و برای ماههای سرد سال مانند پاییز و زمستان طراحی شده است.

دودکش خورشیدی شامل یک صفحه جاذب است که تشعشع خورشید را جذب کرده و باعث گرم شدن هوا در قسمت پشتی می شود. این صفحه از جنس مس و یا آلومینیوم است. یک یا دو لایه شیشه برای جلوگیری از اتلافات حرارتی از صفحه جاذب بکار می رود. هوای اتاق از طریق دو دریچه می تواند وارد کانال یا از آن خارج شود. در این پروژه فرض شده است که هوا فقط در پشت صفحه جاذب جریان دارد و هوای بین شیشه ها ساکن در نظر گرفته شده است.

یک برنامه کامپیوتری برای طراحی هواگرمکن مورد نظر نوشته شده است. هواگرمکن به دو صورت یک لایه شیشه و دو لایه شیشه طراحی شده است. یک واحد ۲/۵ در ۱ متر برای گرم کردن هوای اتاق، مورد بررسی قرار گرفته است. محاسبات در ماههای مختلف سال انجام شده است. برای هر ماه، پانزدهم ماه معرف تمام ماه فرض شده و

برنامه برای روز پانزدهم اجرا شده است. مقادیر دمای خروجی هوا از کانال و دبی گرمی، دمای صفحه جاذب و دمای شیشه های داخلی و خارجی، گرمای داده شده به هوای اتاق و تمامی مقادیر مربوطه مورد محاسبه قرار گرفته است.

نتایج بدست آمده نشان می دهد که یک واحد $2/5$ در 1 متری برای تامین هوای گرم یک اتاق 3 در 4 متری در شهر کرمان در ماههای سرد سال کافی است.

کلمات کلیدی: تابش خورشید، دودکش خورشیدی، گرمایش طبیعی.

مقدمه

ساده ترین روش گرمایش طبیعی ساختمان ها (Passive Solar Heating)، اجازه ورود نور خورشید به داخل اتاق از طریق پنجره های جنوبی یا شرقی است. این روش با وجود سادگی ذاتی آن، معایب زیادی دارد که تعدادی از آنها عبارتند از: اتلاف حرارتی زیاد در شب، مزاحمت برای نور چشم، احتمال گرم شدن بیش از اندازه هوای اتاق در روز. یکی از روشهای دیگر برای گرمایش خورشیدی استفاده از دیوار ترومب است، بدین صورت که می توان از جذب نور خورشید توسط دیوار جنوبی و اجازه انتقال حرارت آن به داخل اتاق استفاده کرد.

یکی دیگر از روشهای مرسوم برای گرمایش ساختمانها، استفاده از دودکش خورشیدی است. دودکش خورشیدی شامل یک صفحه جاذب است که تشعشع خورشید را جذب کرده و باعث گرم شدن هوای جاری در محفظه پشت آن می شود و از جنس مس یا آلومینیوم ساخته می شود. یک یا دو لایه شیشه برای جلوگیری از اتلافات حرارتی از صفحه جاذب بکار می رود. هوای اتاق از طریق دو دریچه می تواند داخل محفظه شده و از آن خارج شود. همچنین هوا می تواند بین شیشه ها جریان داشته باشد و یا ساکن باشد. در این مقاله فرض شده است که هوا تنها در پشت صفحه جاذب جریان دارد و هوای بین شیشه ها ساکن در نظر گرفته شده است [۱].

محاسبات برای یک صفحه جاذب $2/5$ در 1 متر انجام شده است. دمای هوای اتاق در تمام ساعات 20 درجه سانتیگراد فرض شده است. محاسبات برای ماههای مختلف سال انجام شده و برای هرماه پانزدهم آن ماه معرف تمام ماه فرض شده است. بازده دودکش خورشیدی بصورت نسبت انرژی که صفحه جاذب به هوای جاری در کانال می دهد، به کل انرژی دریافتی در ساعت مورد نظر تعریف می شود. قبل از طلوع خورشید، چون دمای هوای اتاق 20 درجه سانتیگراد است، نابراین یک گرادین منفی دما از طرف داخل اتاق به خارج داریم. تا زمانی که صفحه جاذب انرژی کافی دریافت نکرده و هوای موجود در کانال را گرم نکرده است، جریان هوایی وجود ندارد و هنوز دمای هوای موجود در کانال از دمای هوای داخل اتاق کمتر است. به تدریج که تابش خورشید بر صفحه جاذب بیشتر شده و دمای صفحه جاذب بیشتر می شود، هوای کانال گرم شده و بخاطر پدیده ترموسیفون در کانال جریان می یابد.

تئوری مساله

پس از آنکه صفحه جاذب در اثر جذب نور خورشید گرم شد، هوای موجود در کانال که در مجاورت صفحه جاذب است به خاطر اختلاف چگالی با هوای سرد موجود در کانال، به حرکت در می آید و یک جریان گرمی در کانال بوجود می آید. شدت جریان در ساعات مختلف روز تغییر می کند. هوای موجود در کانال باعث گرم شدن جدار خارجی دیوار شده و گرما از طریق لایه های مختلف دیوار به جدار داخلی انتقال می یابد و از آنجا از طریق جابجایی و تشعشع، باعث گرم شدن هوای اتاق می شود. برای حل دقیق این مساله باید مقدار جذب حرارت در قسمتهای مختلف از جمله شیشه ها و صفحه جاذب و داخل دیوار و هوای داخل کانال در نظر گرفته شود. در نتیجه برای بدست آوردن دماهای هر قسمت باید یک معادله دیفرانسیل متغیر با زمان را حل کرد [۲].

خصوصیات و اندازه های قسمت های مختلف

هواگر ممکن (دودکش) مورد نظر با مشخصات زیر در نظر گرفته شده است:

فاصله بین شیشه ها و صفحه جاذب تا شیشه: ۲/۵ سانتیمتر

عرض کانال هوا: ۱۰ سانتیمتر ارتفاع صفحه جاذب: ۲/۵ سانتیمتر

عرض صفحه جاذب: ۱ میلیمتر ضخامت دیوار: ۳۰ سانتیمتر

ابعاد اتاق: ۳ متر در ۴ متر ضخامت شیشه ها: ۳ میلیمتر

ضخامت صفحه جاذب: ۰/۵ میلیمتر چگالی متوسط ماده در دیوار: 1800 kg/m^3

چگالی شیشه: 2515 kg/m^3 ظرفیت گرمایی شیشه: 800 J/kg K

ظرفیت گرمایی صفحه جاذب: 460 J/kg K چگالی صفحه جاذب: 7850 kg/m^3

ضرایب امیتانس صفحه جاذب، شیشه و دیوار: ۰/۸۵ ، ۰/۸۸ ، ۰/۹۱

ضریب هدایت دیوار: 0.45 W/m K

مدلسازی و معادلات حاکم

با در نظر گرفتن مدار گرمایی کلیه قسمت‌ها و نوشتن موازنه انرژی، روابطی برای محاسبه دمای قسمتهای مختلف بصورت معادلات دیفرانسیل بدست می آید. برای کانال هوا که یک مجرای باز است، ضریب انتقال حرارت بین دیوار و هوا از رابطه (۱) و بین صفحه جاذب و هوا از رابطه (۲) بدست آمده است [۳]:

$$\begin{cases} Nu_L = 0.039 Ra_L^{0.3787}, \quad Ra = \frac{g\beta(T_w - T_m)l^3}{\nu\alpha}, \\ h_{w-f} = \frac{k_{Air} Nu_L}{L} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} Nu_L = 0.039 Ra_L^{0.3787}, \quad Ra = \frac{g\beta(T_p - T_f)l^3}{\nu\alpha}, \\ h_{p-f} = \frac{k_{Air} Nu_L}{L} \end{cases} \quad (2)$$

برای محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی شیشه خارجی به هوای بیرون، از رابطه زیر استفاده شده است [۴]:

$$h_w = \max\left\{5, \frac{8.6v_0^{0.6}}{L^{0.4}}\right\} \quad (3)$$

که در آن L ، برابر با کعب حجم ساختمانی است که گیرنده روی آن نصب شده است. v_0 سرعت باد است که در این پروژه، مقادیر آن از سایت اینترنتی هواشناسی برای ماههای مختلف سال برای شهر کرمان بدست آمده است.

برای محاسبه شدت تابش دریافتی توسط صفحه جاذب از روابط مربوط به تابش خورشید و ضرایب صافی هوا استفاده شده است. برای محاسبه دبی گرمی در کانال، باید افت های موجود در مسیر را محاسبه کرده و سپس از رابطه ترموسیفون مقدار $\dot{m}$ را بدست آوریم. روابط مربوطه عبارتند از:

$$\Delta P_a = gh_{gap}(\rho_i - \rho_m) = gh_{gap}\left(1 - \frac{\rho_m}{\rho_i}\right)\rho_i = gh_{gap}\rho_i\left(\frac{T_m - T_i}{T_m}\right) \quad (4)$$

این مقدار افت فشار برای برقراری جریان در کانال ایجاد شده است. هوا در کانال با سرعت معینی مانند v جریان پیدا می کند که با محاسبه افت فشارهای مربوطه به جریان در فاصله هوایی و دریچه های ورود و خروج، می توان ΔP_a را برحسب v بدست آورد و با توجه به در دست بودن مقادیر T_m و T_i می توان از رابطه (۴) مقدار سرعت و از آنجا دبی گرمی را محاسبه کرد.

بازده دودکش خورشیدی بصورت نسبت گرمای مفید به کل انرژی تشعشعی دریافتی توسط صفحه جاذب تعریف می شود [۱]:

$$\eta = \frac{Q_u}{I_T} \quad (5)$$

که در آن Q_u و I_T برای واحد سطح گیرنده تعریف می شود.

برای بدست آوردن دماها از معادلات دیفرانسیل مربوطه، می توان مشتقات موجود در معادلات را با روابط خطی تقریب زد. با این تقریب، دماهای نقاط داخل دیوار با تقریب خوبی بدست می آیند اما برای سایر نقاط مانند دمای هوای کانال و دمای صفحه جذب کننده و دمای شیشه ها، باید معادلات دیفرانسیل مربوطه را حل کرد [۵].

برنامه کامپیوتری برای محاسبه پارامترهای مختلف برای ساعات مختلف روز

یک برنامه کامپیوتری برای محاسبه مقادیر $\eta, Q_u, T_o, \dot{m}, I$ نوشته شده است. در این برنامه ابتدا یک دبی گرمی حدس زده شده و سپس از روابط بدست آمده برای دماها، تمام دماها در نقاط مختلف بدست می آید. با توجه به دماهای محاسبه شده می توان افت فشار را در کانال بدست آورد. با محاسبه افت فشارها و استفاده از رابطه (۴)، مقدار جدیدی برای دبی گرمی بدست می آید که با جایگزین کردن این مقدار بجای دبی گرمی فرض شده در قسمت اول، یک حلقه تکرار ایجاد می شود که در نهایت مقدار درست دبی گرمی در زمان مورد نظر بدست می آید. با تکرار این حلقه های تکرار برای ساعات مختلف روز و استفاده از نتایج ساعت قبل، دبی گرمی در تمامی ساعات روز بدست می آید.

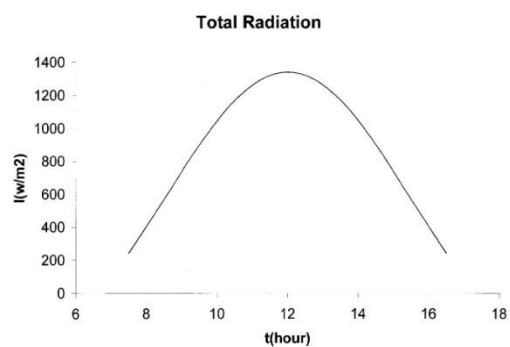
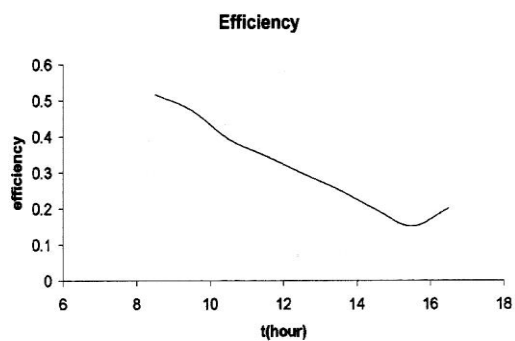
مقادیر $\eta, Q_u, T_o, \dot{m}, I$ برای ماههای سرد سال که احتیاج به گرم کردن هوای اتاق داریم، برحسب ساعات مختلف روز محاسبه شده است. برای هر ماه، پانزدهم آن ماه معرف تمام ماه حساب شده است. در جدول ۱ این مقادیر برای سردترین ماه سال یعنی دی ماه آورده شده است. این مقادیر برای تمام ساعات روز یعنی از لحظه طلوع خورشید تا غروب آن مورد محاسبه قرار گرفته است.

همانطور که در جدول ۱ مشخص است، برای یک اتاق ۳ متر در ۴ متر در شهر کرمان، یک واحد ۲ متر در ۱ متر برای تامین هوای گرم مصرفی اتاق کافی است.

در شكلهاي (۱) تا (۷)، مقادير $\eta, T_o, \dot{m}, I$ براي دودکش خورشيدی با يك لايه و دو لايه شيشه بر حسب ساعات مختلف روز پانزدهم دي ماه رسم شده اند.

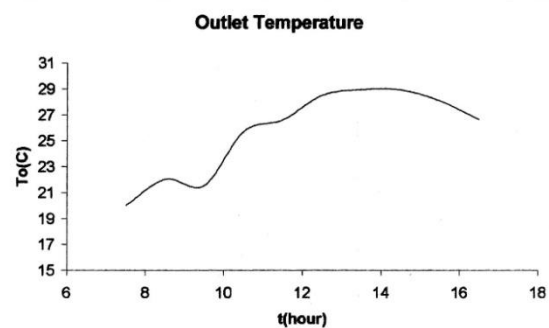
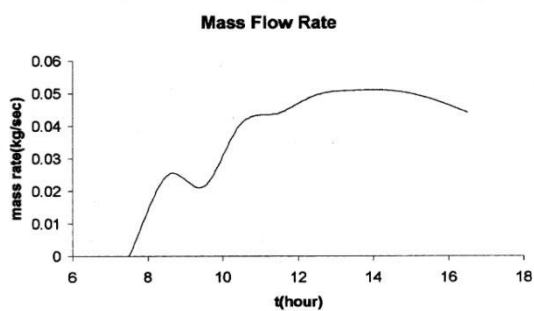
جدول ۱- پارامترهاي محاسبه شده براي ساعات مختلف روز پانزدهم دي ماه

t (hour)	I (W / m^2)	$\dot{m}$ (kg / sec)	$T_o (^{\circ}C)$	η	$Q_u (W / m^2)$
۷/۵	۲۳۹/۸	.	۲۰	۰/۹۶	۲۳۲/۰۳
۸/۵	۵۶۶/۴	۰/۰۲۱۵	۲۱/۵۴	۰/۳۶	۲۰۷/۰۱
۹/۵	۸۹۷/۷	.	۲۱/۵۴	۰/۴۵	۴۰۷/۷۰
۱۰/۵	۱۱۶۷/۹	۰/۰۴۰۸	۲۵/۶۵	۰/۳۴	۳۹۴/۵۱
۱۱/۵	۱۳۱۹/۶	۰/۰۳۹۳	۲۵/۲۳	۰/۳۵	۴۶۰/۴۶
۱۲/۵	۱۳۱۹/۶	۰/۰۴۹	۲۸/۲۶	۰/۲۹	۳۹۱/۰۴
۱۳/۵	۱۱۶۷/۹	۰/۰۴۸۵	۲۸/۰۸	۰/۲۹	۳۴۳/۴۴
۱۴/۵	۸۹۷/۷	۰/۰۵۱	۲۸/۹۷	۰/۲۵	۲۲۸/۳۳
۱۵/۵	۵۶۶/۴	۰/۰۴۸۳	۲۸/۰۳	۰/۲۶	۱۴۹/۶۶
۱۶/۵	۲۳۹/۸	۰/۰۴۶۳	۲۷/۳۶	۰/۴۱	۹۸/۵۷



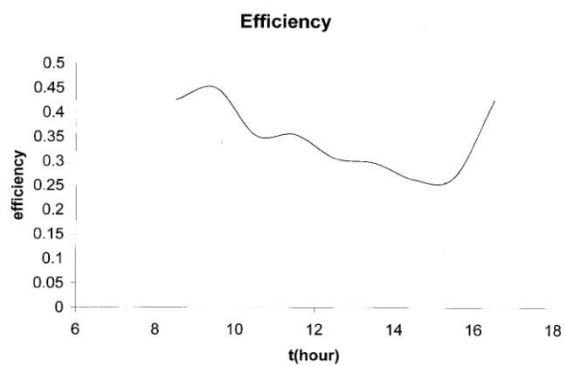
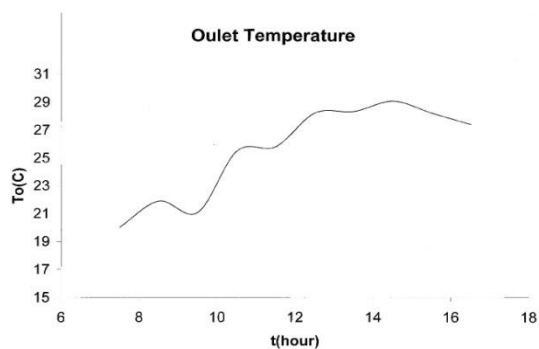
شکل ۱- منحنی تغییرات شدت تابش خورشید
برحسب ساعات مختلف روز ۱۵ دی ماه

شکل ۲- منحنی تغییرات بازده برحسب ساعات
مختلف روز ۱۵ دی ماه برای یک لایه شیشه



شکل ۳- منحنی تغییرات دمای خروجی بر حسب
ساعات مختلف روز ۱۵ دی ماه برای یک لایه شیشه

شکل ۴- منحنی تغییرات دبی جرمی بر حسب ساعات
مختلف روز ۱۵ دی ماه برای یک لایه شیشه

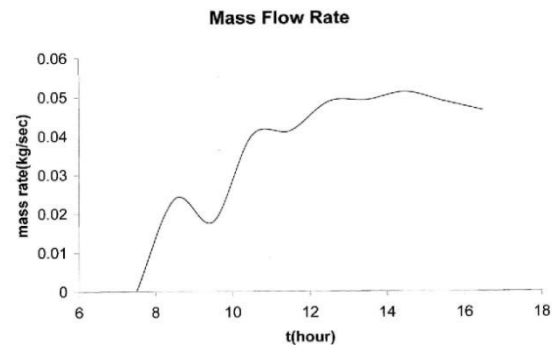


شکل ۵- منحنی تغییرات بازده بر حسب ساعات

شکل ۶- منحنی تغییرات دمای خروجی بر حسب

مختلف روز ۱۵ دی ماه برای دو لایه شیشه

ساعات مختلف روز ۱۵ دی ماه برای دو لایه شیشه



شکل ۷- منحنی تغییرات دبی جرمی بر حسب ساعات مختلف روز ۱۵ دی ماه برای دو لایه شیشه

نتیجه گیری

استفاده از انرژی خورشید در گرم کردن ساختمانها از موارد مورد توجه در کاربرد انرژی خورشیدی است. روشی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفت، استفاده از یک دودکش خورشیدی برای گرم کردن هوای یک اتاق مسکونی در فصلهای سرد سال است. استفاده از یک صفحه فلزی جذب کننده برای جذب نور خورشید و گرم شدن هوای جاری در یک کانال که در پشت صفحه جاذب قرار گرفته است، طرح ساده این هواگرمکن خورشیدی را تشکیل می دهد. هوای گرم شده در کانال بخاطر اختلاف چگالی با هوای سرد به حرکت در آمده و از طریق دریچه ای که در قسمت بالایی کانال تعبیه شده است، به داخل اتاق راه می یابد و از این طریق هوای گرم مصرفی اتاق را تامین می کند. در این مقاله یک اتاق کوچک به ابعاد ۳ در ۴ متر در شرایط آب و هوایی شهر کرمان در نظر گرفته شده است. تحلیل حرارتی قسمتهای مختلف دودکش خورشیدی انجام شده و از یک برنامه کامپیوتری برای محاسبات گذرا در طول تمام ساعات روز استفاده شد. در پایان از نتایج بدست آمده چنین بر می آید که برای اتاق مذکور یک واحد ۲/۵ در ۱ متر هواگرمکن خورشیدی کافی است. بدیهی است که برای اتاق های بزرگتر و یا شرایط اقلیمی سردتر به تعداد بیشتری از این واحدها نیاز خواهد بود.

مراجع

[۱] مهندس ملک زاده ، مهندس کاشانی حصار ، راهنمای طراحی سیستم های تهویه مطبوع ، انتشارات استاد ، ۱۳۶۶

[۱] Duffie. J. A, Beckman. W. A, "Solar Engineering of Thermal Processes", Wiley interscience, University of Wisconsin-Madison, ۱۹۸۰.

[۲] Anderson. B, "Solar Energy: fundamentals in building design", NewYork, McGraw-Hill, ۱۹۷۷.

[۳] نادر حاتمی، "تعیین ضریب تجربی انتقال حرارت همرفت آزاد در یک هواگرمکن خورشیدی صفحه تخت قائم"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۲.

[۴] Meltzer. M, "Passive and active solar heating technology", Englewood cliffs, NJ: Prentice-Hall, ۱۹۸۵.

[۵] Szokolay. S.V., "Solar heating", London, NewYork: Architectural Press, Halsted Press Division, Wiley, ۱۹۷۵.