تقسیم و انتقال هوا به داخل محوطه

از : مهندس بهمن رفیعی

مقدمه

بعد از آزمایشها و تحقیقات مختلف این نتیجه حاصل شده که نمی‌توان شرائط هوای دلخواه را بآسانی مثلا توسط یك دیاگرام مشخص نمود بتجربه ملاحظه شده است که مشخصه‌های هوا با یکدیگر مرتبط میباشند . مثلا درجه حرارت تنظیم شده یك اطاق بستگی مستقیم با درجه حرارت هوای خارج دارد . یعنی اگر اندازه‌ای برای یك مشخصه محیط در نظر گرفته شود بایدبا اندازه مشخصه‌های دیگری که با آن وابستگی دارند همراه باشد .

برای نمایش مشخصه‌های هوای محیط علائم زیرا را در نظر میگیریم .

t = حرارت

w = سرعت

ρ = رطوبت

ϑ_u = حرارت جداری دیوارها که در طی زمان واز نظر مکان با یکدیگر نامساویند

ω = زاویه بین دو خطی که شخص ناظر را به دو سطح گرم وسرد مربوط میکند .

علاوه براین پاکی هوا وصدای ناشی از کار دستگاه‌های تهویه مطبوع وتمام تغییرات جوی که حس‌مارا تحت تأثیرقرارمیدهندنیزمشخصه‌های‌هوای محیط می‌نامیم .

در جدول شماره ۱ توسط چند مثال لزوم هماهنگی مقادیر مشخصه‌های هوا درحد مطلوب ویا عدم هماهنگی آنها درحدنامطلوب نشان‌داده شده‌است در این جدول فرض براین است که برای هریك از مشخصه‌های هوا یك مقدار اپتیمم وجود دارد که نماینده مقدار آن مشخصه در حد مطلوب میباشد . پائین‌تر و یا بالاتر ازاین حد مثلا حرارت بیشتر ویا کمتراز ۲۰ درجه سانتیگراد حد نامطلوب رامشخص می‌نماید .

ترتیب مشخصه‌های هوای محوطه در (جدول شماره‌یك) بخاطر این نیست که مثلا برای‌اولی‌ارزش بیشتری باید قائل شد .

شرح مثالهای جدول شماره یك

مثال اول ـ سه مشخصه هوای محیط در حد مطلوب

مثال دوم تا چهارم ـ دو مشخصه‌هوای محیط بالاتر ازحد مطلوب

مثال پنجم ـ دومشخصه هوای محیط پائین‌تر از حد مطلوب

مثال ششم تا یازدهم ـ دو مشخصه‌هوای محیط که یکی ازآنها بالاترودیگری‌پائین‌تر ازحدمطلوب قرار دارند .

قبل از مورد بحث قرار دادن یك مشخصه با مشخصه دیگر هوا باید اشاره شود که طرز ورودهوا بمحوطه خود دارای ارزش شایانی میباشد . با درنظر

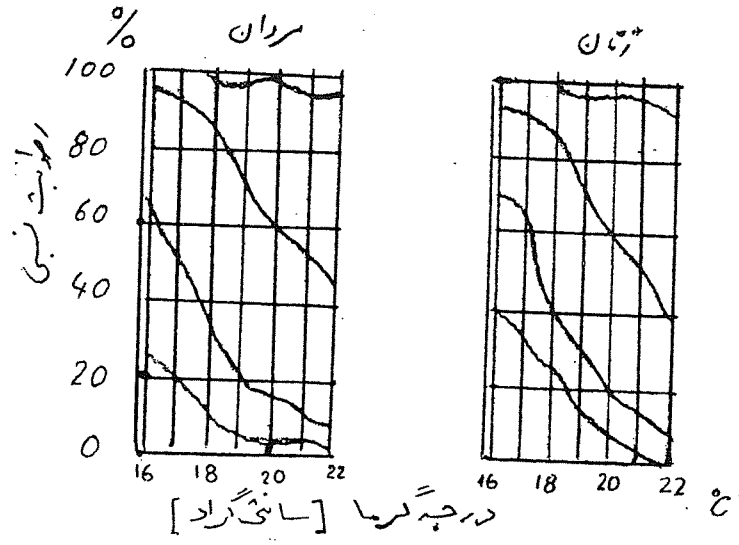
جدول شماره یك

مشخصه هوای محیط	ناخوش آیند (کم)	خوش آیند (متوسط)	ناخوش آیند (زیاد)
سرعت هوا	تقریباً بدون حرکت	کم	زیاد
درجه حرارت هوا و اختلاف درجه حرارت بین هوای خارج و داخل	سرد	(۲۰ الی ۲۲°)	گرم
رطوبت نسبی	هوای خشك ۲۵ درصد	۳۰ الی ۷۰ درصد	
حرارت جدار داخلی دیوارها	خیلی سرد	متوسط	خیلی گرم
زاویه بین دو خطی که شخص ناظر را به دو سطح گرم و سرد مربوط میکند	جریان مخلوط هوای سرد و گرم ۵	۶	۴
پاکی هوا	حد الامکان خالی از گرد و خاك ـ بخار و بو		
بلندی صدا	معمولی (بدون در نظر گرفتن صدای ناشی از کار دستگاه تهویه)		

هوای کوهستانی ۸ — هوای خفه کننده ۷ — هوای مطبوع ۱ — هوای گرم خفه کننده ۳ — ۹ — ۱۱ — ۱۰ — ۱۲

ترکیب مناسب

ترکیب نامناسب



شکل شماره ۱

گرفتن این نکته که قدرت احساس در اشخاص متفاوت میباشد نمیتوان اعدادی برای مشخصه‌های هوای محیط تعیین نمود در اینجا حد فاصلی انتخاب میشود که اندازه آن بستگی به سن ـ نوع جنسیت ـ عادت و نوع لباس و بالاخره نژاد انسانها دارد.

شکل شماره ۱ مثالی زنده در اینمورد میباشد. این شکل نتیجه پرسش نامه‌ای میباشد که از ۵۴۰۰ نفر زن و ۵۲۰۰ نفر مرد اداری در لندن بعمل آمده است. اختلاف قدرت احساس شخصی در اینجا بخوبی نمایان است.

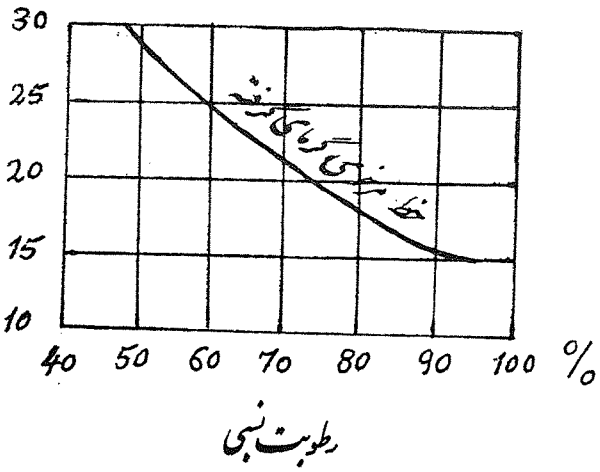
۱ـ۱ گرما و رطوبت

برای انسانی که کار بدنی انجام نمیدهد و در هوای محیطی که کاملا ساکن می‌باشد و در جائی که از پرتو نور زیاد جلوگیری شده ـ شکل شماره ۲ خط مرزی گرمای گرفته را نشان میدهد.

هر ترکیبی از درجه گرما و رطوبت نسبی بالاتر از این خط مرزی گرمای نامطلوبی را باعث میشود.

۱ـ۲ گرما و رطوبت داخلی و خارجی

اگر در گرمای تابستان بخواهیم محیطی را بوسیله تهوید مطبوع خنک نمائیم باید در نظر گرفت که رطوبت و گرمای داخل محیط مستقیماً تابع رطوبت و گرمای خارج میباشد مثلا اگر هوای خارج ۳۰ درجه سانتیگراد باشد هوای ۲۰ درجه داخلی اقامت در محیط را برای اشخاص غیر ممکن خواهد ساخت. هوای ۲۵ درجه‌ای با رطوبت نسبی ٪۶۰ بهمین علت برای محیط مناسب میباشد. بین گرما و رطوبت داخلی و خارجی حد فاصلهای متناسبی تعیین شده که در اینجا خارج از بحث ما قرار میگیرد.

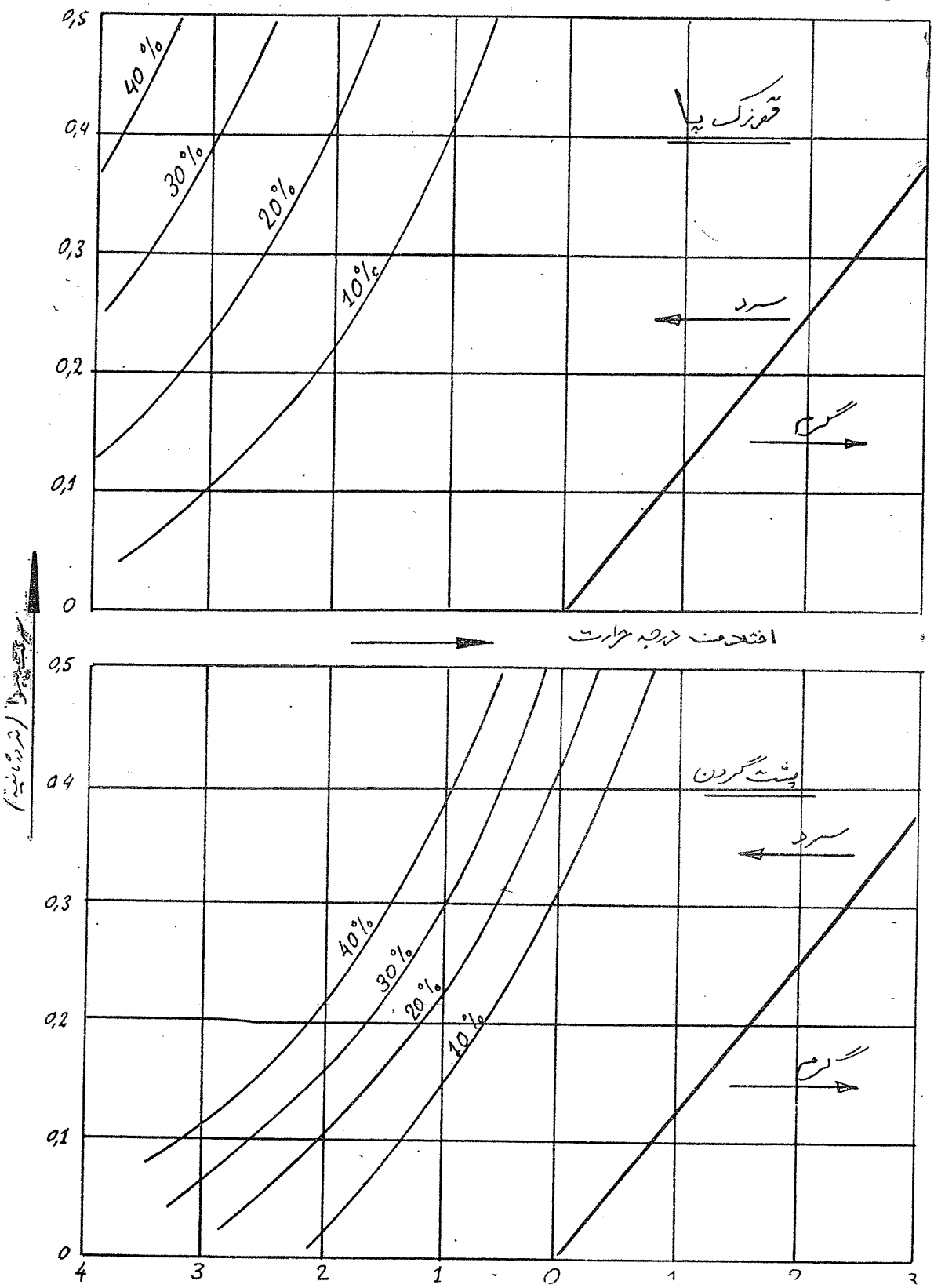


شکل شماره ۲

۱ـ۳ گرما و سرعت هوا

انتخاب صحیح درجه گرما و سرعت هوای محیط یکی از عوامل بهداشتی میباشد. در یک مکان سرپوشیده سرعت هـوا رل عمده‌ای را دارد. اشخاص مسن و

شکل شماره ۳



این منحنی‌ها نشان میدهند که چند درصد از حاضرین در مقابل اختلاف درجه حرارت بین‌هوای ورودی و هوای محیط وسرعت هوا احساس کوران مینمایند. بعلاوه نشان داده میشود که انسان در حوالی قوزك پا قدرت تحمل‌سرعت هوای بیشتر ولی درجه حرارت کمتری را دارا میباشد

موسقی دانها در مقابل سرعت هوا خیلی حساس تر میباشند وهر نوع حرکت عادی هوای محیط را کوران مینامند .

نتیجه آزمایشهای «هوگتن» Houghtn در سال ۱۹۳۸ بما نشان میدهد که علاوه بر عللی که در بالا ذکر شد قدرت احساس قسمت های مختلف بدن در مقابل سرعت هوا بیك میزان نیست . این مشاهدات در شکل شماره ۳ نشان داده شده است از این شکل نتیجه میگیریم که انسان در حوالی سر حساس تر میباشد برای سرعت هوا در حوالی سر اعدادی برابر ۳۵/ متر در ثانیه تعیین شده است .

درصورتیکه هوای محیط ۲۰ درجه سانتیگراد باشد سرعت هوا نباید از ۲۵/. تا ۱۵/. متر در ثانیه تجاوز نماید . مناسبترین سرعت هوا را میتوان نسبت به درجه حرارت محیط و نوع کار و فعالیت شخصی تعیین نمود .

جهت جریان هوا هم عامل مؤثری میباشد . در یك سالن تأتر ویا محلی که اجتماع در داخل آن صورت میگیرد . بهتر است جریان هوا بطرف صورت باشد . در این حالت کمتر احساس کوران میشود .

۴ـ۱ رابطه سرعت هوای ورودی بداخل اطاق با اختلاف درجه حرارت بین هوای محیط و هوای دستگاه

هوائی که از طریق کانال وارد محیط میگردد در تابستان درجه حرارت آن کمتر ودر زمستان بیشتر از درجه حرارت هوای داخلی میباشد بدین منظور در اینجا از اصطلاح درجه حرارت پائین و بالا استفاده مینمائیم .

در هنگام ورود هوا بداخل محیط ، هوای اطراف نیز با هوای ورودی مخلوط میگردد . اگر جریان دائم فرض شود میتوان نوشت .

$I_{zu}=\rho.T.\overrightarrow{W}$: ضربه خطوط جریان بمحض خارج شدن .

$I_{ab}=\rho.T.\overrightarrow{W}$: ضربه خطوط جریان در فاصله x از مقطع اول .

حال فرض میشود که فشار در داخل جریان ثابت بماند واز افت فشار در اثر اصطکاك صرفنظر شود میتوان رابطه زیرا نوشت .

$$I_{zu}=I_{ab}$$

$$\dot{m}\cdot\overrightarrow{w}=(m+m_x)\cdot\overrightarrow{w_x} \qquad (۱)$$

در اینجا مقدار حرارت ثابت می‌ماند . روی این اصل رابطه زیر برقراراست

$$\dot{m}\cdot t+\dot{m}_x\cdot t_r=(\dot{m}+\dot{m}_x)\cdot t_x \qquad (۲)$$

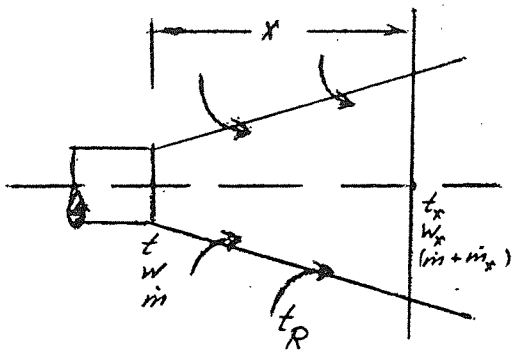
بعد ازحل معادلات (۱) و (۲) وحذف $(\dot{m}+\dot{m}_x)$ تناسب زیر بدست میاید .

$$\frac{t-t_r}{w}=\frac{t_x-t_r}{w_x}$$

جدول شماره ۲

سرعت مناسب هوا برحسب متر درثانیه درحوالی سر برای سرد و گرم نگاه داشتن محل از طریق تهویه مطبوع

نوع کار	نوع اطاق	ماکزیمم سرعت هوا	
		در زمستان	در تابستان
اقامت زیاد ـ بدون حرکت اعضاء بدن	دفترکار	۰/۲۰	۰/۲
اقامت کم ـ بدون حرکت اعضای بدن	رستوران	۰/۳۰	۰/۱۵
اقامت کم ـ باحرکت	فروشگاه	۰/۳۵	۰/۲۰
باحرکت دراماکن گرم	سالن رقص	۰/۴۵	۰/۳۰



شکل شماره ۴

بنابراین نسبت اختلاف حرارتی پائین ویا بالا به سرعت هوا درتمام طول خطوط جریان ثابت می‌ماند .

۵ـ۱ ـ اختلاف درجه حرارت مؤثر

پرفسور«رایدبرگ» Rydberg درمقاله‌ای‌از خوداختلاف درجه حرارت‌موثر را که‌اندازه‌ای برای شدت کوران میباشد اینطور تعریف کرده :

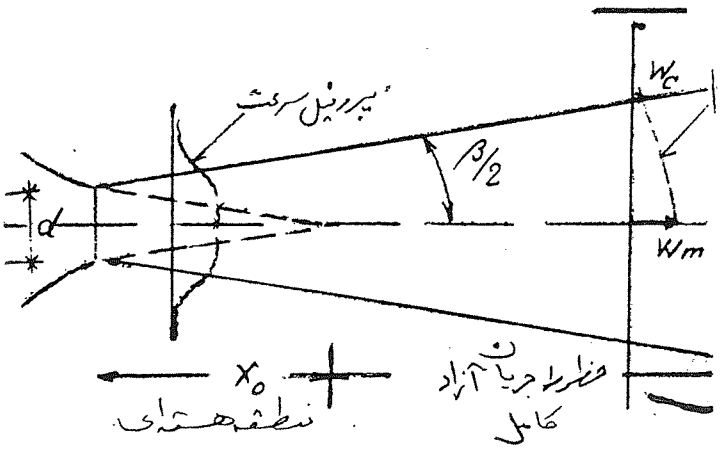
$$\vartheta_x = t_r - t_x + A w_x$$

اختلاف‌درجه‌حرارت‌مؤثرمعیاری‌است برای‌محاسبه ومقدار آن درمکانهای‌مختلف‌فرق میکند . دراماکنی که بهوای آن اهمیت زیاد قائل میشوند وبنحواحسن میخواهند از کوران‌جلوگیری‌نمایندمقداراش‌برابر با ۰٫۵ تا یك سانتیگراد میباشد .

برای اماکنی که‌اشخاص آن‌درحین‌کارازجائی بجای دیگر میروند این‌عددحتی به چهار سانتیگراد میرسد . درجه گرمای‌هوای مکان‌ونوع البسه‌اشخاص برای انتخاب‌صحیح عدد اختلاف درجه گرمای‌موثر دوفاکتور اساسی میباشند .

بطـور کلی باید با در نظر گرفتن وضعیت و چگونگی محل‌اندازه‌ای برای‌اختلاف درجه گرمای موثر انتخاب نمود باید در نظر داشت که اشخاص تا چه‌اندازه در یك جای معین توقف مینمایند ویا اینکه تا چه‌اندازه درحرکت‌میباشند وچه محیطی است‌وچه فعالیتی صورت میگیرد چه‌لباسی پوشیده‌اند چه‌درجه گرمائی در محیط حکمفرماست و چه فصلی از سال میباشد .

جدول شماره ٤ راهنمائی دراین‌زمینه میباشد.



شکل شماره ۵

۶ـ۱ خطوط جریان‌آزاد

هر گاه هوا از دریچه‌ای‌خارج گردد خطوط جریانی تشکیل میشود که درمسیر خودباهوای‌خارج مخلوط شده وآن را همراه خود میبرد .

در شکل شماره ۵ ملاحظه میشود که چگونه خطوط جریان ازدریچه‌هواخارج گردیده و گسترش

جدول شماره ۳

اعداد تقریبی برای اختلاف درجه حرارت پائین با درنظر گرفتن نوع دریچه سقفهای سوراخ سوراخ ، دریچه‌های بشقابی و آنامستانهای سقفی	۲۰ درجه سانتیگراد
دریچه‌های شکافی	۱۵ « « «
دریچه‌های مشبك	۲۰ « « «

جدول شماره ۴

عدد انتخابی مناسب برای اختلاف درجه گرمای مؤثر	نوع کار
۱	نشستن بدون حرکت - برای مدت طولانی مثلا دردفتر کار
۱ الی ۲	نشستن بدون حرکت - برای مدت کوتاهی مثلا در رستوران
۲ الی ۳	کار درحال حرکت مثلا درمغازه - فروشگاه و بعضی از کارخانه های صنعتی
۳ الی ٤	کار درمحیط گرم مثلا در آشپزخانه های بزرگ - اما کن رقص و بعضی کارخانه‌های صنعتی

پیدا میکند . در قسمت جلوی دریچه منطقه هسته‌ای خطوط جریان واقع است که سرعت آن برابر با سرعتی است که خطوط جریان بمحض خارج شدن ازدریچه دارا میباشد .

منطقه هسته‌ای خطوط جریان در اثر مبادله ضربت بشکل مخروطی که درطول راه از سطح مقطع آن کاسته گردد ازبین میرود . از جانب پهلو خطوط جریان زیر یك زاویه باز میگردد .

توسط فاکتور تـوربولنت میتوان طول هسته خطوط جریان را محاسبه نمود .

$$X_o = \frac{d}{m}$$

مقدار m بین اعداد ۰/۱ و ۰/۳ میباشد .

۰/۱ برای جریان آرام و ۰/۳ برای جریان توربولنت میباشد . برای محاسبه زاویه خطوط جریان ازرابطه زیر استفاده میشود .

$$\tan \frac{\beta}{2} = m \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \sqrt{\ln \frac{wx}{w}}$$

برای دریچه هوا بـا سطح مقطع دایره شکل زاویه β برابر با ۲٤ درجه می باشد . یعنی

$$W_c = ۰/۰۱۸\ W_m$$

برای خطوط جریانی که ازسطح مقطع مستطیل شکل خارج میشود زاویه β برابر با ۳۳ درجه میباشد. زاویه هسته خطوط جریان در هردو حالت تقریباً ۸/۸ درجه میباشد .

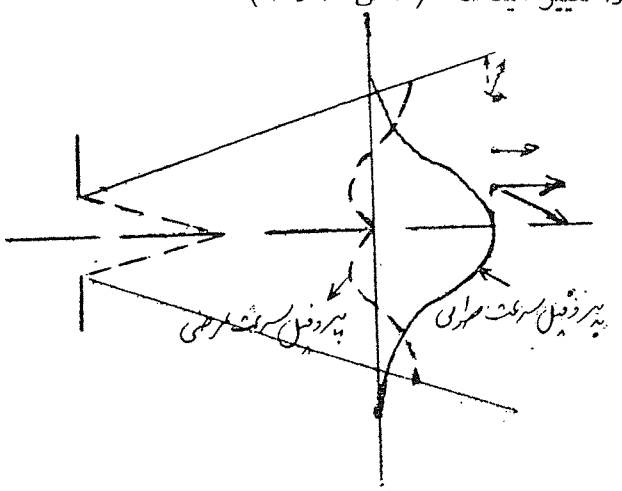
سرعت درامتداد خط مرکزی خطوط جریان ازهمه بیشتر بوده ومقدار آن توسط فورمول زیر بدست می آید .

$$W_m = W_o \frac{x_o}{X}$$

x فاصله‌ای از دریچه هوا میباشد که برای آن نقطه سرعت مرکزی را تعین می نمائیم .

۷ـ۱ سرعت طولی وعرضی خطوط جریان

در یك خطوط جریان دونوع سرعت تشخیص داده میشود سرعت طولی که درامتداد خطوط جریان وسرعت عرضی که جهت آن عمود برخط وسط خطوط جریان میباشد . سرعت عرضی نسبت به سرعت طولی مقداراش کمتر بوده ودر یك محیط نمی تواند ایجاد کوران نماید . سرعت عرضی فقط شکل خطوط جریان را تغییر میدهد . (شکل شماره ٦)



شکل شماره ۶

۸ـ۱ حدود صحت قوانین مربوط به خطوط جریان

فورمولها وقوانین مربوط به خطوط جریانی که وارد محیط محدودی (مثلا یك سالن) میشود تا فاصله کوتاهی ازدریچه هوا صحت دارند . زیرا بعداز یك فاصله معین در اثر برخورد با هوای ثانوی خطوط جریان شکل اصلی خود را از دست می‌دهد .

خطوط جریان را وقتی میتوان آزاد نامید که فورمول زیر صدق نماید .

$$X \leqslant ۱/۳\sqrt{Q} \quad [m]$$

۹ـ۱ سرعت متوسط خطوط جریان

آزمایشهای متعدد این نتیجه راداده‌اند که پروفیل سرعت تا یك فاصله معین ازدریچه هواشکل مشخصی را دارا میباشد. با استفاده ازفرضیه «بشر» Becher فورمول سرعت را میتوان چنین نوشت .

$$W_x = C\frac{W_o}{x}\sqrt{A} \qquad *$$

سرعت متوسط خطوط جریان با مقدار X نسبت معکوس دارد . فاکتور C با سرعت رابطه‌ای ندارد بلکه شکل دریچه در آن موثر است .

جدول شماره ۵ راهنمائی برای انتخاب صحیح فاکتور C میباشد .

فورمول سرعت را میتوان بصورتهای مختلف نوشت .

$$W_x = C\cdot\frac{W_o}{x}\cdot\frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\varepsilon\alpha}} = \frac{C}{۳۶۰۰X}\cdot\frac{T}{\sqrt{A.\varepsilon.\alpha}}$$

مقدار ε برای دریچه‌های هوا بالبه تیز برابر با ۰٫۶۱ وبرای دریچه‌های مدور بالبه گرد شده برابر با ۱٫۰ میباشد .

فورمول فوق بادر نظر گرفتن شرائطی که نامبرده میشوند صحت دارد ،

۱ ـ درجه گرمای هوای ورودی باید بادرجه گرمای هوای محیط برابر باشد .

۲ ـ سرعت هوا باید بیشتر از یك الی دو متر در ثانیه و کمتر از ۵۰ متر در ثانیه باشد .

۳ ـ عدد «راینولد» Reynold بیشتر ازبیست هزار باشد . یعنی .

$$R_e = \frac{d\cdot w_o}{\gamma} > ۲۰۰۰۰$$

۱۰ـ۱ خطوط جریان آزاد نیمه شده

خطوط جریانی که چسبیده وبموازات دیوار و یا سقفی وارد محیط گردد شکل آن شبیه مخروطی میباشد که از وسط بریده شده باشد . هوای داخل محیط در جهت عمود به خطوسط واردخطوط جریان شده وباآن مخلوط میگردد ـ از اینروست که خطوط جریان به دیوار ویا سقف فشرده میشود . دراینحالت سرعت ماکزیمم درنزدیکی دیوار ویا سقف میباشد . همچنین در اینحالت میتوان ازفورمول سرعت استفاده

جدول شماره ۵

شکل دریچه	سرعت خطوط جریان بمحض خروج ازدریچه هوا	
	۲<Wo<۴	۸<Wo<۴۰
دریچه ساده (بشکل مربع یادایره)	۵/۷	۷/۰
دریچه مستطیل شکل (نسبت اضلاع بیگدیگر $\frac{a}{b}$<۴۰	۴/۹	۶/۰
دریچه مشبك (سطح آزاد بیش از ۴۰ درصد تمام سطح)	۴/۷	۵/۷
صفحه سوراخ سوراخ باسطح آزاد ۳ الی ۵ درصد	۳/۰	۳/۷
صفحه سوراخ سوراخ باسطح آزاد ۱۰ الی ۲۰ درصد	۴/۰	۴/۹

☆ مقدار عددی فاکتور C برای فورمول سرعت:

درمورد صفحه سوراخ سوراخ باید فاصله تاصفحه ۵ مرتبه بزرگتر از $\sqrt{\text{سطح صفحه}}$ باشد .

نمود باید در نظر داشت که برای استفاده از جدول شماره ۵ اعداد این جدول را با $\sqrt{2}$ ضرب نمود زیرا سرعت خطوط جریان در این حالت کمتر کاسته شده ومخلوط شدن آن با هوای محیط بکندی انجام میپذیرد.

۱۱ـ۱ مخلوط شدن هوای محیط باخطوط جریان

مقدار هوای محیط که با یك خطوط جریان مخلوط میشود توسط فورمول زیر بدست می آید .

$$\frac{T_x}{T}=\frac{2}{C}\cdot\frac{x}{\sqrt{A\cdot\varepsilon\cdot\alpha}}$$

همانطوریکه از فورمول بالا پیداست اگر خطوط جریان کامل باشد یعنی از چهارجانب گسترش یابد هوای بیشتری با آن مخلوط میگردد .

۱۲ـ۱ برد خطوط جریان

برد خطوط جریان فاصله‌ای از دریچه هوا میباشد که بعد ازاین فاصله سرعت هوا باندازه دلخواه کاسته شده باشد یعنی در این فاصله از دریچه نباید هیچگونه احساس کوران گردد سرعت دلخواه اکثراً ۰/۲۵ متر در ثانیه است .

برد خطوط جریان یعنی همان فاصله از دریچه که بعد از آن سرعت هوا مثلا به ۰/۲۵ متر در ثانیه کاهش یافته میتوان توسط فورمول زیر بدست آورد.

$$X_{0/25}=\frac{C}{3600}\cdot\frac{T}{0/250\sqrt{A\cdot\varepsilon\cdot\alpha}}$$

از این فورمول میتوان برای دریچه‌های معمولی که سرعت خطوط جریان نه بکندی و نه بتندی کاسته میشود استفاده نمود . برای دریچه های شکافی که سرعت خطوط جریان بکندی و دریچه‌های دمپردار که سرعت خطوط جریان بتندی کاسته میشود ، این فورمول صحت ندارد .

ناتمام

معانی حروف	واحد اندازه‌گیری
t = درجه گرمای هوا	درجه سانتیگراد
t_R = درجه گرمای هوای محیط	درجه سانتیگراد
t_x = درجه حرارت خطوط جریان در فاصله X از مقطع اول	درجه سانتیگراد
ϑ = اختلاف درجه گرمای مؤثر	درجه سانتیگراد
ϑ_x = اختلاف درجه گرمای مؤثر در فاصله X از دریچه هوا	درجه سانتیگراد
X = فاصله از دریچه هوا	متر
X_0 = طول هسته خطوط جریان	متر
$X_{0/25}$ = فاصله از دریچه هوا که بعداز این فاصله سرعت به ۰/۲۵ متر در ثانیه کاهش می‌یابد.	متر
d = قطر	متر
d_0 = قطر خطوط جریان	متر
A = سطح کل دریچه هوا	مترمربع
$\dot{m}$ = مقدار هوای ورودی بداخل محیط سرپوشیده	کیلو گرم در ساعت
$\dot{m}_x$ = مقدار هوای محیط که در فاصله X از دریچه هوا با هوای خطوط جریان ترکیب شده است .	کیلو گرم در ساعت
T = مقدار هوای ورودی بداخل محیط سرپوشیده	متر مکعب در ساعت
W = سرعت خطوط جریان بمحض خارج شدن	متر در ثانیه
W_x = سرعت متوسط خطوط جریان در فاصله X از مقطع اول	متر در ثانیه

W_m = سرعت در مرکز خطوط جریان	متر در ثانیه
W_0 = سرعت متوسط خطوط جریان در ابتدا	متر درثانیه
C = فاکتور دریچه هوا	—
ρ = حجم مخصوص هوا	مترمکعب به کیلوگرم
Q = سطح مقطع عمودی محل سرپوشیده	مترمربع
ε = فاکتور کنتراکسیون	—
α = نسبت سطح آزاد دریچه هوا به سطح کل آن	—
β = زاویه خطوط جریان	درجه