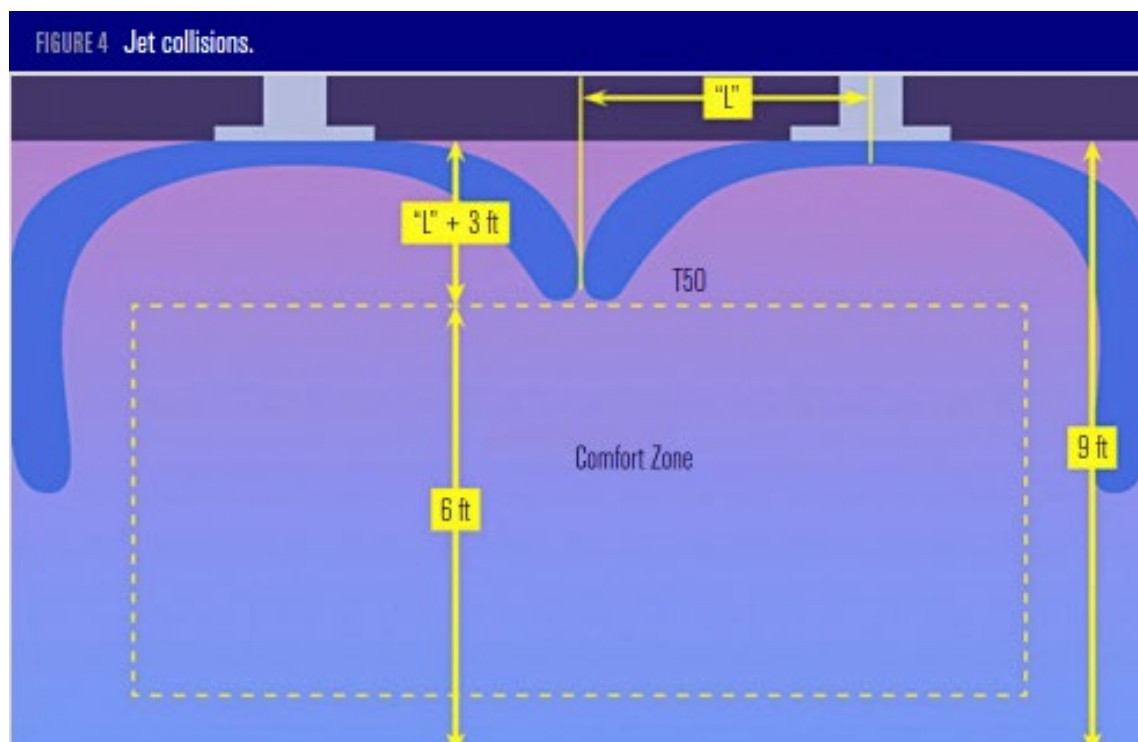


مبانی سیستم‌های توزیع هوا با اختلاط مناسب در اتاق

ترجمه : مهندس پرویز صمدوف

آنچه در پی می‌آید قسمت اول از مقاله‌ای است که خود نخستین بخش از یک سه‌گانه است و توسط DAN INT-HOUT به رشته تحریر درآمده و قسمت اول آن در شماره جولای ۲۰۱۵ ماهنامه اشری منتشر شده است. نویسنده در این سه‌گانه در مورد توزیع هوا سخن می‌گوید.



شکل ۴ شمایی از هنگام تداخل دو جت جریان مخالف را نشان می‌دهد.

این مسئله از اهمیت بسیاری برخوردار است که جت تا زمانی که به سرعت و دمای مناسب نرسیده وارد منطقه حضور افراد نشود. Standard ۵۵-۲۰۱۳ الزاماتی برای تحلیل سرعت هوا، هنگامی که سرعت هوا از ۴۰ fpm (۰٫۲۰ m/s) بیشتر می‌شود ارائه میکند. هندیوک ASHRAE - مبانی - پخش هوا در فضا به مقدار ۵۰ fpm (۰٫۲۵ m/s)، و ADPI مقدار ۷۰ fpm (۰٫۳۵ m/s) را در برخی نواحی به‌عنوان حداکثر سرعت مجاز معرفی نموده است. با استفاده از کاتالوگ اطلاعات تولیدکننده، مهندسان می‌توانند تجهیزاتی با برد پرتابی بالا در دیبهای کم را انتخاب کنند و مانع از افت اضافی دیفیوزرهایی که با فاصله زیادی جانمایی شده‌اند شوند. درحالی که سازندگان عموماً تنها سرعت ۵۰ fpm (۰٫۲۵ m/s) را گزارش میکنند اما این سرعت در نرمافزارهایشان کاملاً انتخابی است.

مبانی سیستم‌های توزیع هوا با اختلاط مناسب در اتاق

فاصله دیفیوزر تا فضا دیواره فضا به عنوان طول مشخص (L) شناخته میشود. بنابراین فاصله دیفیوزرهای یکسان با دبی جریان مشابه از همدیگر باید ۲L باشد. برای اجتناب از خروج جریان به منطقه حضور افراد یک قانون سر انگشتی خوب این است که فاصله دیفیوزرها از همدیگر باید طوری تعیین شود که در بیشنه دبی طراحی شده، سرعت (T50) ۵۰ fpm بیشتر از L به اضافه فاصله ۶ فوتی تا ارتفاع اتاق نباشد.

به علاوه اینکه سرعت تخلیه بالاتر مساوی نرخ نفوذ بیشتر هوا و برد پرتاب بیشتر همیشه رخ نمیدهد. اثر جرمی نیز باید در طراحی دیده شود زیرا همین اثر جرمی ممکن است در بعضی نقاط بیشتر از سرعت باشد و تعیین کننده برد پرتاب شود. انواع مختلف خروجیهای هوا رفتارهای متفاوتی از خود نشان میدهند. سرعت خروج بیشتر به معنی فشار بیشتر و فن قوی تری در سیستم توزیع هوا مورد نیاز خواهد بود که این مسئله به خودی خود باعث افزایش صدا نیز خواهد شد. در جای خودش درباره اینکه در کجا تولید صدای بیشتر میتواند خوب باشد صحبت خواهیم کرد.

علاوه بر ملاحظات آئرو دینامیکی، در اینجا دو مورد دیگر نیز باید مدنظر باشد: فشار و آکوستیک.

فشار

فن سیستم HVAC باید فشار کافی برای رساندن هوا به خروجیها و درعین حال غلبه بر مقاومت ایجاد شده توسط دیفیوزرها داشته باشد. به علاوه انرژی مصرفی توسط فن باعث حرکت هوای داخل اتاق شده و هوای برگشت را از طریق ورودی هوا و کانالهای برگشت به دستگاههای هوارسان بازمی گرداند. فشار هوا با سه مقدار نشان داده میشود:

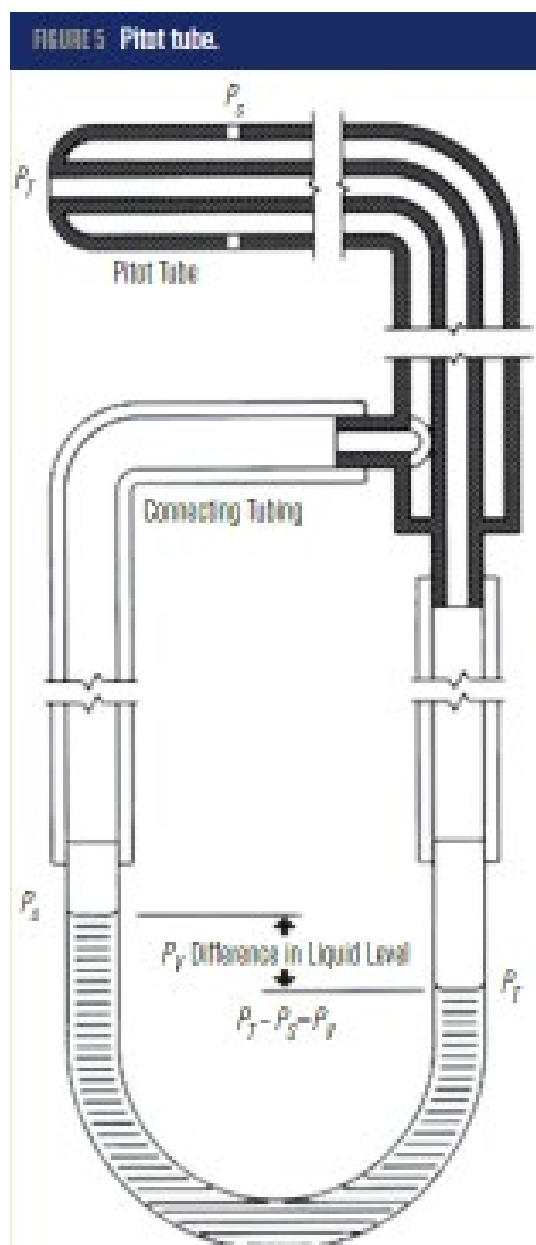
- فشار استاتیکی که برابر با نیرویی است که توسط سیال به ازای سطح واحد اعمال میشود. این فشار در زاویه ۹۰ درجه با جهت جریان با قرار دادن یک لوله استاتیک متصل به گیج فشارسنج، آب، جیوه یا دیگر مانومترها اندازه گیری میشود.

- فشار سرعتی که در واقع ناشی از انرژی جنبشی جریان سیال است. این فشار با استفاده از حذف فشار استاتیک از فشار کل با استفاده از لوله پیتوت محاسبه میشود.

- فشار کل که برابر با مجموع فشار استاتیک و فشار سرعت است.

مبانی سیستم‌های توزیع هوا با اختلاط مناسب در اتاق

فشار کل معیاری از انرژی هوای در حال حرکت داخل کانال با کمترین افت اصطکاکی می‌باشد. بیشتر کاتالوگ‌های دیفیوزرهای تولیدکنندگان اطلاعاتی درباره دامنه تغییرات افت فشار دیفیوزر در یک طیف از جریان هوا را ارائه می‌دهند. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است در داخل سیستم کانال کشی فشار با استفاده از لوله پیتوت و مانومتر اندازه‌گیری می‌شود. سوراخ لوله پیتوت در انتها منجر به خواندن فشار کل شده که گاهی به آن فشار محلی نیز گفته می‌شود، درحالی‌که سوراخ کناری فشار استاتیک را اندازه‌گیری می‌کند که با اتصال انتهای مانومتر یا گیج اندازه‌گیری به لوله هر یک از فشارها قابل خواندن خواهد بود. در نهایت با محاسباتی ساده فشار سرعتی به دست می‌آید که از آن میتوان سرعت داخل کانال را محاسبه کرد.



مبانی سیستم‌های توزیع هوا با اختلاط مناسب در اتاق

آکوستیک

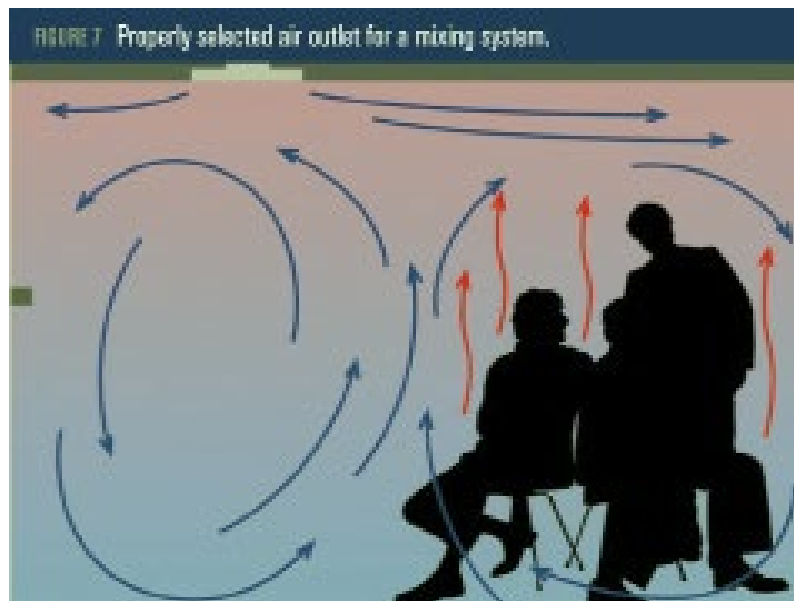
برای دستیابی به عددی که تولیدکنندگان برای صدای تولیدی خروجی‌های هوا گزارش می‌دهند باید به اندازه ۱۰ برابر قطر کانال رفت متصل به کانال از آن فاصله بگیریم. در دنیای واقعی این مسئله هرگز رخ نمی‌دهد. مطالعات انجام‌شده که تحت عنوان «تأثیر شرایط ورودی بر راندمان هوای خروجی» در مجله ASHRAE در آوریل ۲۰۱۲ منتشر شد، تأثیر شرایط ورودی را به‌طور لحظه‌ای بر بازده آکوستیکی نشان می‌دهد. استفاده از کانال‌های منعطف یا زانوهای سخت می‌تواند صدای تولیدی را در خروجی افزایش دهد.

صدای دیفیوزر به دلیل اختلاط هوا ایجاد می‌شود. به‌عنوان قانون عمومی، هر چه صدای یک دیفیوزر بیشتر باشد یعنی بهتر کار می‌کند. انتخاب کم صداترین دیفیوزر ممکن، به آن معنی است که دیفیوزر نمی‌تواند به آن خوبی که باید هوا را مخلوط کند. در طراحی‌های با حجم متغیر که ما جزئیات بیشتر درباره آن‌ها را در ادامه بحث خواهیم کرد، نرخ‌های جریان هوای سرد در بیشترین نرخ خود تنها در بیشینه بار حرارتی رخ می‌دهد و این بیشینه بار حرارتی تنها چند روز از سال رخ می‌دهد. هنگامی که هوای داخل گرم است ساکنین کمتر از صدای دیفیوزری که در حداکثر دبی به‌خوبی انتخاب‌شده شکایت می‌کنند.



شکل ۶. دیفیوزر ضعیف

مبانی سیستم‌های توزیع هوا با اختلاط مناسب در اتاق



شکل ۷. خروجی‌های مناسب برای یک سیستم تمرکز

پیامدهای عملکرد ضعیف

در جریان‌های هوایی کم در حالت سرمایش، خروجی‌هایی که به‌طور مناسب انتخاب یا طراحی نشده‌اند (مجله ASHRAE، ژوئن ۲۰۱۳، «اتصالات قابل تنظیم») ممکن است هوا را به‌طور مستقیم به داخل منطقه حضور افراد (شکل ۶) هدایت کند. جدای از شکایت ساکنین از کوران هوا، در صورت وجود هوای سرد در کف، اتاق لایه‌بندی می‌شود. یک ترموستات دیواری خوب در این مورد نمی‌تواند متوسط دمای اتاق را احساس کند و در واقع نشان می‌دهد لایه طبقه‌بندی کجا قرار داشته و لزوماً یک کنترلر ارتفاع می‌شود. مهم‌تر از همه اینکه که ترموستات در چنین حالتی حساسیت کافی به تغییرات بار نداشته و بیشتر دما را کنترل می‌کند.

در هر فضایی که افراد حضور دارند، بارهای حرارتی که توسط افراد و تجهیزات تولید می‌شوند به سمت بالا حرکت می‌کنند. این جریان رو به بالا سبب کشیده شدن هوا به سمت بارهای نزدیک کف شده و به اختلاط بهتر هوا در ناحیه حضور افراد کمک می‌کند. با انتخاب صحیح خروجی هوا، منطقه کنترل دمایی (شکل ۷) عالی را می‌توان با نرخ خیلی کم دریافت هوا به دست آورد. در تحقیقات

مبانی سیستم‌های توزیع هوا با اختلاط مناسب در اتاق

اخیر موسسه ASHRAE با شماره پروژه RP-۱۵۱۵، برای مکان‌هایی با تجمع زیاد حداقل دبی جریان لازم معادل 0.2 cfm/m^2 (1 L/s.m^2) به دست آمده است. یک راه تخمین تغییرات سرعت هوا و دما در فضا در حالت سرمایش استفاده از شاخص عملکرد پخش هوا (ADPI) می‌باشد که در سال ۱۹۶۰ ابداع شده و در حال حاضر در پروژه شماره ۱۵۴۶-PR موسسه ASHRAE در دانشگاه آستین تگزاس در حال گسترش می‌باشد. نسبت برد پرتاب ایزوترمال به 50 fpm (0.25 m/s) و در نیمی از فاصله جانمایی دو دیفیوزر (یا یک طول مشخصه) با درصد تعداد نقاطی که در منطقه حضور افراد شرایط اختلاط دمایی را برآورده می‌سازند همبستگی دارد. این درصد ADPI نامیده می‌شود که برای بیشتر فضاها ۸۰ درصد یک عدد حداقل مقبولیت است.

جدول ۴ در بخش ۵۷ از هندبوک ASHRAE (کاربردهای HVAC) مقادیری را برای تخمین ADPI در برخی از انواع خروجی‌های هوا در یک سری بارهای حرارتی معرفی می‌کند. با استفاده از این اطلاعات، سازندگان برنامه‌های کامپیوتری و نمودارهایی ابداع کرده‌اند که دامنه عملکرد مؤثر بسیاری از انواع تجهیزات توزیع هوا را نشان می‌دهند.

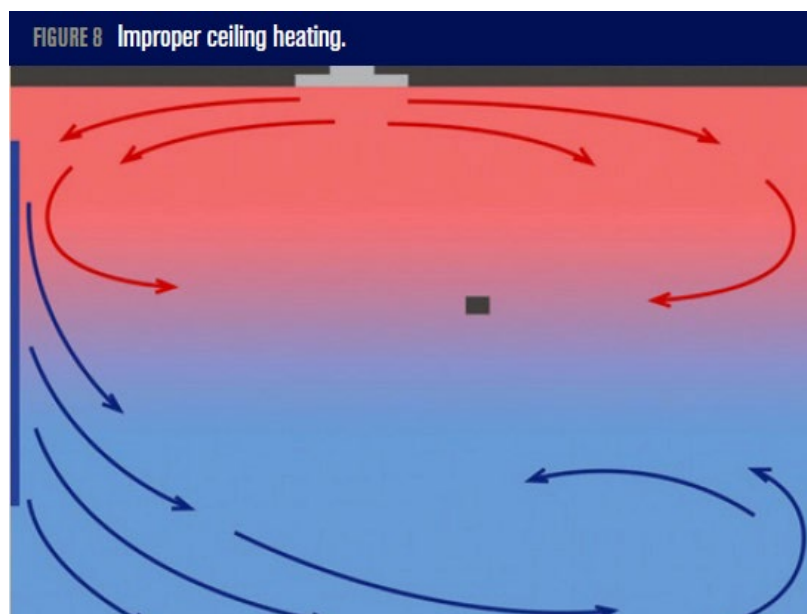
دیفیوزرهای نوع صفحه‌ای که در تحقیقات ASHRAE به شماره RP-۱۵۱۵ استفاده شده‌اند، مقادیر بالای ADPI را در نرخ جریان‌های بسیار کم نشان می‌دهند؛ نتایج این تحقیقات بعداً با بررسی‌های منطقه حضور افراد در یک فضای عملیاتی تأیید شده است. به علاوه تحقیقات این گفته را که «هیچ مینی‌م دبی برای آسایش وجود ندارد.» تأیید می‌کند، این عبارت اولین بار در استاندارد ۵۵-۲۰۱۳ ظاهر شده است.

نواحی پیرامونی

تا پیش از این بحث‌های ما بر روی سرمایش داخلی از سقف در کاربردهای عمومی اداری بود. اطراف منطقه حضور افراد، ناحیه پیرامونی نامیده می‌شود که اغلب به منطقه با فاصله ۱۵ فوت از دیواره خارجی یا پنجره اشاره دارد. این محدوده‌ای است که معمولاً گرمایش در آن با استفاده از دیفیوزرهای سقفی انجام می‌شود. به خاطر بیاورید که هوای گرم همواره به سمت بالا حرکت می‌کند و ما می‌دانیم که اگر ما گرما را از سقف تأمین کنیم بدون مشکل نخواهد بود. اگر اختلاف دما بین هوای رفت و متوسط دمای هوا (ΔT) بیش از ۱۵ درجه فارنهایت (۸٫۳ درجه سانتی‌گراد) باشد،

مبانی سیستم‌های توزیع هوا با اختلاط مناسب در اتاق

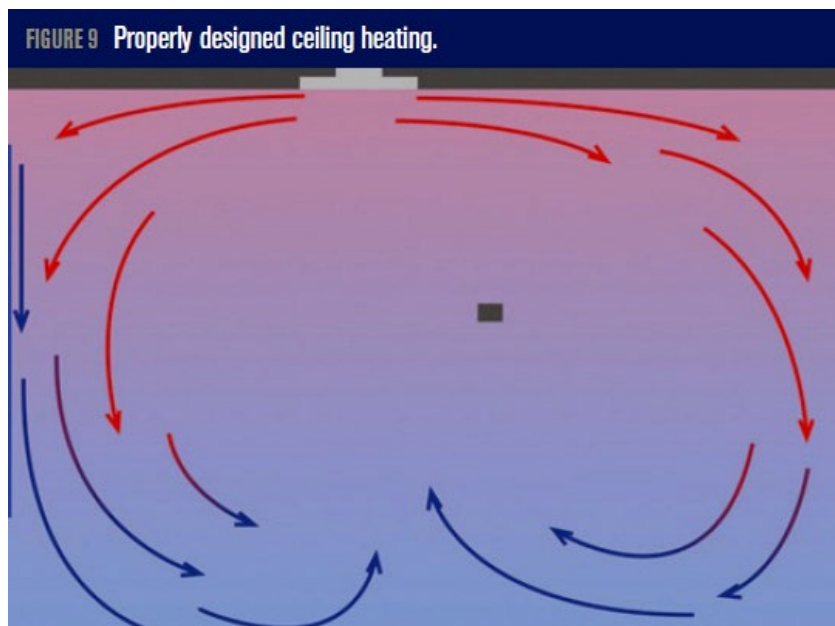
در بسیاری از موارد هوای اتاق لایه‌ای خواهد شد. در ضمن احتمال دارد از حدود مجاز استاندارد ۵۵-۲۰۱۳ برای جریان لایه‌ای (۵,۴ درجه فارانه‌ایت یا ۳ درجه سانتی‌گراد) نیز عبور کند. استاندارد ۶۲,۱-۲۰۱۳ به این مسئله اشاره می‌کند که هوای تهویه شده تمایل دارد تا لایه‌ای رفتار کند و به سرعت و بدون اختلاط از فضا (با استفاده از دریچه‌های برگشت سقفی) خارج شود. در نتیجه برای جلوگیری از این مسئله باید تهویه را تا ۲۰٪ در اتاق‌هایی که اختلاف دما از ۱۵ درجه فارانه‌ایت (۸,۳ درجه سانتی‌گراد) تجاوز می‌کند افزایش داد و یا سرعت را به ۱۵۰ fpm (۰,۷۵ m/s) در فاصله دست کم ۴,۵ ft (۱,۴ m) از کف در نزدیکی پنجره/ دیوار رساند (شکل ۸).



شکل ۸. گرمایش سقفی نامناسب

بسیاری از مهندسان نسبت به این الزامات آگاهی ندارند و به طراحی سیستم‌هایی با سرعت کم و هوای گرم ادامه می‌دهند. با این وجود این ممکن است نتیجه ممنوعیت در استاندارد ۹۰,۱-۲۰۱۳ باشد که مانع گرمایش مجدد بیش از ۳۰٪ از جریان هوای سرمایش می‌شود. در مقاله بعدی، به این موضوع خواهیم پرداخت که چگونه در هنگام استفاده از پایانه‌های VAV بر این مشکلات غلبه کنیم.

مبانی سیستم‌های توزیع هوا با اختلاط مناسب در اتاق



شکل ۹. گرمایش سقفی مناسب

هنگامی که محل خروجی هوا به درستی تنظیم شده باشد و اختلاف دما کم (اختلاف دمایی کمتر از ۱۵ درجه فارنهایت (۸,۳ درجه سانتی گراد) بین هوای رفت و برگشت) باشد، هوای گرم با هوای سردتر مخلوط شده و هوای کاملاً مخلوط شده خوب وارد فضای حضور ساکنین می‌شود. در واقع همان‌طور که در شکل ۹ و نیز تحقیقات نشان داده زمانی که دیفیوزر صفحه‌ای با فاصله دو فوت از پنجره قرار گرفته و هوا به صورت مستقیم به هر دو سمت حرکت می‌کند سیستم در هر دو حالت سرمایش و گرمایش به خوبی کار می‌کند.

ورودی هوای برگشت

هوای برگشت در سیستم‌های اختلاط هوای بالاسری با استفاده از پلنوم یا کانال هوای برگشت به هواساز بازمی‌گردد. در دبی‌های هوایی که در اغلب سیستم‌های اختلاطی معرفی شده‌اند، محل قرارگیری ورودی هوا تأثیر اندکی بر روی حرکت هوا داخل اتاق دارد. در جریان‌های بالاتر همانند اتاق‌های عمل بیمارستانی، ورودی هوای برگشت را نزدیک کف (استاندارد ۱۷۰-۲۰۱۳) قرار می‌دهند چون جریان بازگشتی و اختلاط هوای اتاق را کاهش می‌دهد.

مبانی سیستم‌های توزیع هوا با اختلاط مناسب در اتاق

همچنین قرار دادن دریچه برگشت در ارتفاع پایین باعث کاهش اثر مقادیر تعویض هوایی که توسط استاندارد ۶۲،۱-۲۰۱۳ (پیشتر در بحث درباره منطقه پیرامونی در این باره بحث شده است)، برای تأمین هوای گرم در سقف تعریف شده است می‌شود (هرچند که نصب این نوع گریل‌ها سخت و یا گران می‌باشد).

نصب گریل برگشت بلافاصله پس از دیفیوزر رفت یک مشکل اساسی خواهد بود اما معمولاً در فضاهای کوچک این کار اجتناب‌ناپذیر است. در مقام عمل جانمایی ورودی و خروجی‌های هوا باید به گونه‌ای باشد که از احتمال ایجاد اتصال کوتاه هوایی جلوگیری کند.

خلاصه

در حالی که پایانه‌های هوایی مورد استفاده در سیستم‌های توزیع هوای اختلاطی یکی از کم هزینه‌ترین سیستم‌ها به ازاء هر واحد سطح در هر نوع سیستمی هستند، اما بیشترین تأثیر را بر آسایش افراد در منطقه آسایش حرارتی هر ساختمان دارند. این مسئله اهمیت چندانی ندارد که چقدر یک سیستم تهویه مطبوع بهینه یا هوشمندانه در ساختمان طراحی شده، زمانی که سیستم توزیع هوا عملکرد درستی نداشته باشد مطمئناً فضای مناسبی (بر اساس استاندارد ۵۵) را برای حضور ساکنین فراهم نخواهد کرد، چون این سیستم باید شرایط اولیه آسایش و کیفیت هوا را با توجه به توزیع هوا تأمین نماید. تنها با دانستن اینکه چگونه پایانه‌های توزیع هوا می‌توانند دما، حرکت هوا، رطوبت و تعویض هوا را تحت تأثیر قرار دهند و داشتن توجه کافی به این که محدودیت‌ها، قوانین و تأثیرات متقابل میان اصول کدها و استانداردهای گوناگون چه تأثیری بر هم دارند می‌توان محیطی ایمن و راحت را طراحی کرد که بهره‌وری و سلامت را برای ساکنین ارتقاء دهد.

پایان

مبانی سیستم‌های توزیع هوا با اختلاط مناسب در اتاق



حرفه‌ای باش!
Be Professional...