

بهینه‌سازی مصرف انرژی



● تهیه و تدوین: دکتر حسین صلابت‌جو

سال نو مبارک
نشریه فنی مهندسی
تفویه کسب تاسیسات

چکیده:

انرژی که برای گرمایش، سرمایش، روشنایی فضای کاری و خانه‌ها مصرف می‌شود، حدود یک سوم مصرف انرژی در ایالات متحده آمریکا را تشکیل می‌دهد. خانه‌ها و فضاهای کاری، با این که بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در این کشور هستند، قرار است بیشترین کاهش در مصرف انرژی را نیز به نام خود ثبت نمایند.

مصرف انرژی و ساختمان‌ها

برنامه‌هایی مانند Energy Star و «راهبری در طراحی زیست محیطی و انرژی (LEED)»، کاهش مصرف انرژی را از جنبه‌های سبز و پایایی ساختمان مورد هدف قرار داده‌اند. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 با نام «استاندارد انرژی برای ساختمان‌ها به استثنای ساختمان‌های کوچک مسکونی» و همچنین دستورالعمل‌های انرژی ایالتی، استانداردها و قواعد محرک این حرکت به شمار می‌آیند. افزایش هزینه‌های انرژی نیز، این حرکت را از نظر جنبه‌های اقتصادی آن تسریع می‌نماید. بنابراین انتظار می‌رود نتایج خوبی از این برنامه‌ها حاصل گردد. در طول پانزده سال گذشته، تقاضای برق مورد نیاز برای روشنایی فضاهای تجاری به نصف کاهش یافته است. استفاده از روشنایی روز، چراغ‌های کم نور شونده، حسگرهای حضور افراد و غیره، توانسته‌اند این کاهش قابل توجه را ایجاد نمایند. مصرف انرژی رایانه‌ها، نمایشگرها، دستگاه‌های کپی، فکس و دیگر لوازم اداری نیز کاهش چشم‌گیری یافته است. کاهشی‌های چهار تا شصت درصدی نیز در میانگین بارهای سرمایش داخلی به چشم می‌خورد. به عنوان مثال، بازسازی یک ساختمان اداری با مساحت ۱۰۰۰۰ فوت مربع با سن ده سال با به کارگیری تجهیزات روشنایی و اداری جدید، می‌تواند ۲۰ کیلووات از بار الکتریکی اوج و بیش از ۵/۵ تن بار تهویه مطبوع را کاهش دهد. مسلم است که این صرفه‌جویی‌های انرژی با گذشت زمان بیشتر مصرف انرژی را نیز به نام خود ثبت نمایند. اما عدم ارزیابی تأثیراتی که بر روی سیستم‌های تهویه مطبوع رخ خواهند داد، می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی در زمینه‌ی آسایش ساکنین و کیفیت هوای داخلی ساختمان گردد. قواعد سرانگشتی که برای دهه‌های متمادی تقریباً ثابت باقی مانده بودند، به نظر می‌رسد که دیگر صحت گذشته را از دست داده‌اند. در واقع، آنچه که ممکن است از نظر صرفه‌جویی در انرژی بسیار ایده‌آل به نظر برسد، شاید سیستم تهویه مطبوع ساختمان را تبدیل به دستگاه تولید شکایات ساکنین نموده و در برخی موارد، کابوسی واقعی در مورد کیفیت هوای داخلی به شمار تهویه مطبوع ساختمان را تبدیل به دستگاه تولید شکایات ساکنین نموده و در برخی موارد، کابوسی واقعی در مورد کیفیت هوای داخل آید.

تغییر الگوی مصرف داخلی

بارهای موجود در فضای داخلی از قبیل روشنایی، تجهیزات و ساکنین، با پیدایش دفاتر کاری باز تا حدودی تغییر کرده‌اند. سطوح روشنایی در این اماکن کمتر شده است (که البته به دلیل الزامات موجود در دستورالعمل‌های جدید است) ولی بار مصرف انرژی الکتریکی توسط دستگاه‌های جدید اداری تا حدودی افزایش یافته است. چگالی متوسط افراد حاضر در محل تقریباً بدون تغییر باقی مانده است.

گرمای محسوس به ازای هر نفر به میزان ۲۵۰ Btu/h در این محل، معادل ۰/۷۳ W بر هر فوت مربع تغییر باقی مانده است. بر روی سیستم‌های

سرمایشی می‌باشد. در اواسط دهه ی ۱۹۸۰، لامپ‌های دارای چگالی ۲/۲ تا ۲/۵ وات به ازای فوت مربع، معمول بودند. استارت‌های الکترونیکی لامپ‌های فلوروسنت نسبت به استارت‌های مغناطیسی دارای مزیت‌های زیادی هستند لامپ‌های چهار وات T۱۲ جای خود را به لامپ‌های ۳۴ وات T۸ و سپس لامپ‌های T۵ داده‌اند. میزان روشنایی در صفحات رایانه‌ای کاهش پیدا کرده و استفاده از روشنایی مستقیم / غیرمستقیم با انرژی پایین، تبدیل به روشی استاندارد شده است. برخی از دستورالعمل‌های انرژی در حال حاضر میزان روشنایی در ساختمان‌های اداری را به ۱/۲ وات به ازای هر فوت مربع محدود می‌نمایند. طراحی دقیق (چراغ‌ها، طرح مبلمان، انتخاب رنگ‌ها و غیره، این امکان را ایجاد می‌کند که بدون این که کیفیت روشنایی از دست رفته و یا هزینه‌های بالایی تحمیل شود، مقدار ۱/۰ W به ازای هر فوت مربع به راحتی به دست آید. برخی از مالکان ساختمان در حال کار بر روی روش‌هایی برای کاهش بار روشنایی ساختمان‌هایشان تا میزان ۰.۵ W در هر فوت مربع می‌باشند. هر چند بار روشنایی پایین آمده است، اما استفاده از تجهیزات اداری به مراتب نسبت به گذشته افزایش داشته است. تعداد دستگاه‌های کپی، فکس، اسکنر، رایانه‌های شخصی و چاپگرها طی سال‌های اخیر افزایش قابل توجهی نشان می‌دهد. حتماً به یاد دارید که قبلاً رایانه‌های معدودی در هر شرکت وجود داشت، ولی حالا روی هر میز یک رایانه وجود دارد. به همین قیاس، قبلاً از یک یا دو چاپگر مشترک در شرکت‌ها استفاده می‌شد، اما حالا تقریباً برای هر اتاق، حداقل یک چاپگر در نظر گرفته شده است. بار تجهیزات دفتری از ۰.۷۵ تا ۱.۰ W به ازای هر فوت مربع، به ۱.۵ تا ۲.۰ W در هر فوت مربع افزایش یافته است.

چاپگرهای لیزری و همچنین دستگاه‌های کپی کوچک، در این اواخر قیمت‌های بسیار مناسبی پیدا کرده‌اند. حتا بسیاری از دستگاه‌های فکس نیز به صورت لیزری در آمده‌اند. نمایشگرهای رایانه‌ای، از نوع تک‌رنگ سبز ۱۲ اینچی به حداقل ۱۷ اینچ رنگی ارتقا یافته و به همین دلیل برق مصرفی این نمایشگرها به مراتب بالاتر رفته است. تحقیقات انجام شده نشان داده است که تا سال ۱۹۹۴، نمایشگرهای رایانه‌ای بیشترین انرژی کارکرد رایانه‌ها را تشکیل می‌دهند. این تحقیقات همچنین نشان داده است که اطلاعات موجود بر روی برجسب مشخصات تجهیزات اداری، بسیار بالاتر از مصرف انرژی واقعی آن‌هاست. هر چند چگالی تجهیزات اداری در چند سال گذشته حدود ۱.۴ تا ۱.۸ W بر فوت بوده است، اما این مقدار در حال کاهش یافتن است. بهبودهای صورت گرفته در مواردی مانند حالت آماده‌به‌کار (stand-by)، به خصوص حالات صرفه‌جویی‌کننده در انرژی، به این مسأله کمک زیادی نموده‌اند. تجهیزاتی که دارای مشخصه‌ی Energy Star هستند، تبدیل به تجهیزات استاندارد شده‌اند. استفاده از تجهیزات به صورت شبکه نیز در کاهش بارهای مضاعف نقش بسزایی دارد. دستگاه‌های جدیدی که نقش دستگاه کپی، اسکنر، فکس و چاپگر را به طور همزمان بازی می‌کنند، بسیار رایج شده‌اند. تونرهای جدید دستگاه کپی، نیاز به حرارت کمتری برای





تولید گرمای کمتر، سرمایه‌ش مورد نیاز پایین‌تر

در اوایل دهه ی ۱۹۹۰، فضاهای داخلی معمولی با استفاده از اختلاف دمای «تغذیه به فضا» ی معادل 20°F ، برای بارهای اوج 0.8 تا 1.0cfm به ازای فوت مربع طراحی شده بودند. مقادیر هوای تغذیه برای بار ناشی از حضور افراد، با روشنایی و همچنین بار دستگاه‌های موجود، تا اواخر دهه ی ۱۹۹۰ یعنی زمانی که پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه ی روشنایی به وجود آمد و کاهش ۳۰ تا ۴۰ درصدی را باعث گردید، تقریباً ثابت باقی ماند. فضاهای جدید و بازسازی شده با استفاده از سیستم‌های روشنایی پیشرفته و همچنین بار کاهش یافته ی نمایشگرهای LCD، می‌توانند در شرایط اوج سرمایه‌ش بین 0.35 تا 0.4cfm به ازای هر فوت مربع کاهش ایجاد نمایند. اما در این

نشستن بر روی سطح کاغذ دارند. این دستگاه‌های جدید، در عین این که فضایی نصف نفضای تجهیزات ده سال گذشته اشغال می‌کنند، مصرف انرژی بسیار کمتری نیز پیدا کرده اند. در حال حاضر، حداکثر چگالی تجهیزات به سمت $1/0\text{W}$ بر فوت مربع پیش می‌رود و بزرگ‌ترین تغییری که در این رابطه قابل ذکر است، پیدایش نمایشگرهای کریستال مایع (LCD) است. این نمایشگرها، مصرف برق بین 35 تا 50 وات دارند، در حالی که نمایشگرهای اشعه کاتدی (CRT) معمولی با همان اندازه، بین 120 تا 150 وات مصرف دارند. با پایین‌تر آمدن قیمت این نمایشگرها، به نظر می‌رسد که در آینده به صورت نمایشگرهای استاندارد در فضاهای اداری و همچنین خانگی مطرح شوند.

هر فوت مربع در بارهای کاهش یافته نیاز داشته باشد. تنها انواع معدودی از دیفیوزرهای القای بالا/دمای پایین و دیفیوزرهای چند شبکه ای قابل تنظیم می توانند در این مقدار جریان هوا، شرایط مناسب را تامین نمایند و البته این نوع دیفیوزرها در بسیاری از ساختمان های اداری نصب نشده اند. در اختلاف دمای 20°F و جریان هوای 0.35cfm در فوت مربع، یک دیفیوزر 150cfm بایستی 430 فوت مربع را پوشش دهد که حداقل 10 فوت فضای موثر پراکنش برای دیفیوزر چهار جهته مورد نیاز خواهد بود. در 75 درصد بار (112cfm)، همان دیفیوزر نیاز به پراکنش بین 9 تا 10 فوت خواهد داشت. دریچه های خطی و برخی دریچه های القای بالا، جزو معدود ابزارهایی هستند که این الزامات را برآورده می سازند. اگر توزیع هو در نظر گرفته نشود، اولین نشانه ی بروز مشکل در ساختمان هایی که از انرژی پایینی استفاده می کنند، وجود شکایاتی در مورد سرد و گرم بودن یک محل خاص خواهد بود. مشکلات جدی تری نیز در نواحی گرم تر و دارای تابستان های مرطوب دیده می شود

مقدار پایین cfm به ازای فوت مربع، مشکل آغاز می گردد. برنامه ریزی در این زمینه کار ساده ای نیست، زیرا موارد صرفه جویی در انرژی روشنایی و تجهیزات رایانه ای، تنها با گذشت زمانی طولانی از مرحله تکمیل طراحی و ساخت امکان پذیر خواهد بود. اغلب دیفیوزرها قادر نیستند 0.4cfm به ازای فوت مربع هوای تغذیه را به مقدار کافی برای پوشش دهی مناسب محل مورد نظر تامین نمایند. هوای کم سرعت به مقدار کافی در محیط پراکنده نشده و فقط در همان راستا به سمت پایین حرکت خواهد کرد. بنابراین افرادی که زیر دریچه های هوای تغذیه قرار می گیرند احساس سرما کرده و دیگران، هیچ حرکت هوایی در اطراف خود نداشته و بنابراین احساس گرما و کلافگی خواهند کرد. هوای سردتر از سمت سقف حرکت کرده و با هوای گرم مخلوط می شود. در ارتفاع 6 فوتی، دمای هوا 75°F است. اثربخشی تهویه می تواند رفاه مناسب را در فضای مورد نظر حفظ نماید.

یک سیستم حجم هوای متغیر (VAV) می تواند به کمتر از 20.0cfm بر





سیستم VAV با استفاده از معادله ۱-۶ از ۲۰۰۱-۶۰ Standard ANSI/ASHRAE با نام «تهویه برای کیفیت هوای داخلی قابل قبول»، اگر هر ناحیه ای در جریان کاهش یافته باشد. معمولاً بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد هوای خارجی الزام می نماید. درصد بالاتر نسبت هوای خارجی، مقدار بار نهان بر روی کویل های خنک های کننده را افزایش داده و مقدار SHR را بیش از پیش کاهش خواهد داد. کویل های خنک کننده با شرایطی روبرو خواهند شد که در آن شرایط، نمی توانند رطوبت را از هوا بزدایند. یک کویل محاسبه شده برای ۸۰ درصد SHR نخواهند توانست با افت SHR رطوبت هوا را بزدایند (در بارهای سطحی خنثا، بار محسوس و SHR بیشتر افت می کنند). به خصوص کویل های آب سرد، بدون بار گرمای محسوس برای زدایش گرمای نهان، آسیب پذیرترند.

دماهای حباب تر طراحی بالاتر از (76°C) . با کاهش گرمای محسوس تا ۵۰ درصد یا بیشتر، بار نهان تبدیل به بخش بزرگ تری از کل گرمای تولید شده در فضا خواهد شد. بارهای داخلی امروزی می توانند نسبت گرمای محسوس (SHR) بین ۸۵ تا ۹۰ درصد داشته باشند. کاهش تولید گرما در سیستم های روشنایی و تجهیزات موجود در محل می تواند این مقدار را به ۶۵ تا ۷۵ درصد کاهش دهد. نیمی از هوای تغذیه برای فضای معمولی امروزی، هنوز هم به مقدار مشابهی از هوای خارج نیاز دارد. مقدار 20 cfm هوای خارجی به ازای هر نفر و یک نفر به ازای 100 فوت مربع، معادل حداکثر 0.2 cfm به ازای فوت مربع هوای خارجی خواهد بود. در مقایسه با مقادیر 0.35 تا 0.4 cfm بر فوت مربع که برای سرمایش فضا مورد نیاز است، درصد هوای خارجی از ۲۵ تا ۳۵ درصد به ۵۰ درصد یا بیشتر افزایش می یابد. یک

کویل خنک کننده که برای برای تطابق دقیق با بار موجود انتخاب شده است، دارای ۱۱ درصد ظرفیت نهان اضافی است. در ۱.۸W به ازای فوت مربع، ظرفیت کویل ۸ درصد کمتر از مقدار مورد نیاز برای برآورده ساختن نیاز بار نهان است. سطوح رطوبت نسبی بالای ۶۰ درصد کاملاً محتمل به نظر می‌رسد. در شرایط سردتر، می‌توان سطح بالایی رطوبتی را انتظار داشت. تمام مشکلات رطوبتی مربوط به میزان بالایی رطوبت می‌تواند در این شرایط در ساختمان آغاز شده و گسترده شود. غیر از هوای خشک زمستانی، شرایط معدودی وجود دارد که می‌تواند هوای ساختمان را خشک نگه دارد. سیستم HVAC در این شرایط می‌تواند منشا بروز مشکلاتی از قبیل رشد قارچ و کپک‌ها و دیگر مشکلات کیفیت هوای داخلی گردد.

گام‌های آینده

مسلم است که مالکان ساختمان‌ها به نوسازی سیستم‌های روشنایی برای پایین آوردن هزینه‌های انرژی ادامه خواهند داد. تعداد ساختمان‌های اداری از اواخر ۱۹۷۰ تا اوایل ۱۹۹۰ که می‌تواند بین ۰.۵ تا ۱.۵W بر فوت صرفه جویی نمایند، بسیار زیاد است. ساختمان‌های جدید نیز با پیدایش روش‌های جدید روشنایی و لامپ‌های پیشرفته تر و کم مصرف تر، شاهد میانگین ۱.۰W بر فوت مربع خواهند بود. نمایشگرهای LCD در چند سال آیند به صورت نمایشگرهای استاندارد برای رایانه‌ها در خواهند آمد. طبق بررسی‌های انجام شده، فروش نمایشگرهای رایانه ای در سال ۲۰۰۰ در ایالات متحده به ۱۰۰ میلیون دستگاه بالغ گردیده است. اگر مصرف برق این دستگاه‌ها با استفاده از صفحات LCD به ۸۰W به طور میانگین کاهش پیدا کند، ۸۰۰۰ مگاوات تقاضای انرژی الکتریکی در شبکه برق کاهش خواهد یافت. این مقدار، شامل برق مورد نیاز برای سیستم‌های سرمایشی نمی‌گردد. پس طراح باید به چه صورت برنامه ریزی‌های خویش را انجام دهد؟ اگر بارهای معمولی امروزی مورد استفاده قرار گیرند، یک نوسازی سیستم روشنایی یا یک تصمیم‌گیری توسط بخش فناوری اطلاعات یک سازمان می‌تواند نیازهای سرد کردن

هوای خارجی را کاهش داده و منجر به بروز مشکلاتی که قبلاً ذکر شد گردد. برای حل این مشکلات یا اجتناب از آن‌ها، باید روش‌های جدید توزیع هوا مورد اشاره قرار گیرند. بالا بردن دمای هوا تغذیه می‌تواند میزان cfm به ازای هر فوت مربع را که برای ابزارهای معمولی تر توزیع هوا مناسب تر است، افزایش دهد. اما نقاط ضعفی نیز در این بین وجود دارد. دیفیوزرها و دریچه‌های خطی و القای بالا، جزو معدود ابزارهای نصب شونده روی سقف هستند که می‌توانند هوا را به شکلی موثر با میزان پایین cfm بر فوت مربع توزیع کنند. بالاتر رفتن دمای تغذیه، دیفیوزهای VAV می‌توانند پراکنش نسبتاً ثابتی را در محدوده‌ی وسیعی از جریان‌ها ایجاد نمایند. تهویه نیمه جابجایی با استفاده از توزیع هوای زیر کف برای ساختمان‌های جدید انتخاب جذابی به شمار می‌آید. دریچه‌های تغذیه هوا می‌توانند برای هر فرد نصب شوند. نرخ‌های تهویه در این روش، در موثرترین مقدار خود تنظیم می‌شوند. این سیستم‌های در حال حاضر از هوای تغذیه‌ی گرم تر استفاده می‌کنند، اما تحقیقات بیشتری لازم تا مشخص شود آیا بار گرمایی کافی برای به حرکت در آوردن هوا در نواحی حضور افراد در بارهای پایین مصرفی توسط دستگاه‌ها وجود دارد یا خیر. روش‌های رطوبت زدایی برای دمای افزایش یافته‌ی هوای تغذیه و SHR پایین بایستی در نظر گرفته شود. درصدهای بالاتر هوای بیرون و فقدان رطوبت زدایی کافی می‌تواند مشکل آفرین باشد. راه‌حل‌هایی که برای این مشکل می‌توان متصور شد، در ساختمان‌های مختلف متفاوت است. پیش پردازش هوای خارجی (رطوبت زدایی)، توزیع مستقل هوای خارجی، کویل‌های خنک کننده‌ی جدید و لوله‌های گرمایی و یا روش‌های گرمایش مجدد و رطوبت زدایی دیگر، می‌توانند در این رابطه در نظر گرفته شوند. سیستم‌های حسگر دی اکسید کربن می‌تواند تأثیر هوای خارجی را به حداقل رسانده و در عین حال، نرخ تعویض هوای خارجی را در حد مناسبی حفظ نماید. روش‌های تهویه طبیعی، یا به صورت جریان کاملاً طبیعی و یا به صورت تهویه فعال نیز، به خصوص در آب و هوای خشک، روش مناسبی به شمار می‌آید.





یکی از پیشرفت های نویدبخش، پیدایش سیستم هوای خارجی اختصاصی است. چون مقادیر هوای خارجی و هوای تغذیه تقریباً برابر هستند، یک سیستم هوای خارجی ۱۰۰ درصد با امکان باز یافت گرما و کنترل رطوبت می تواند پردازش هوای مورد نیاز را تقریباً در تمام فضاها ایجاد نماید.

نتیجه گیری

وضعیت بازار امروزی به سرعت در حال تغییر است و ما شاهد شروع یک تغییر بزرگ در بارهای ساختمانی هستیم. تا زمانی که روش های روشنائی بسیار کم مصرف و سیستم های رایانه ای با مصرف انرژی پایین تبدیل به سیستم های رایج گردند، مالکان، طراحان و پیمانکاران تا حدودی دچار سردرگمی خواهند بود. ساختمان های تجاری فعلی و ساختمان هایی که در حال طراحی می باشند و یا آن هایی که در حال حاضر مراحل ساخت را با استفاده از استانداردهای امروزی می گذرانند، ممکن است در نوسازی های آینده دچار مشکلاتی شوند. طراحان باید در مورد آنچه که می توان برای بهبود سیستم های و ساختمان ها انجام داد، آگاهی لازم را داشته باشند.

مالکانی که کار خود را با هدف به حداقل رساندن مصرف داخلی انرژی آغاز می کنند، بایستی طرح هایی را به کار گیرند که با آنچه که امروزه متداول است، بسیار متفاوت باشد. خوشبختانه بسیاری از طرح های جدید در آینده عمومیت یافته و در نهایت هزینه ی آن ها از روش های امروزی کمتر خواهد شد.

کاهش هزینه انرژی ساختمان در زمستان

قیمت حامل های انرژی مداوماً در تمامی کشورهای جهان در حال افزایش است که به تبع آن هزینه عملیاتی تاسیسات گرمایشی و سرمایشی ساختمانها نیز همه ساله فزونی می یابد. بدین لحاظ مالکان یا مدیران ساختمانها برای کاهش مصرف انرژی قبل از این که هزینه آن از حد تحمل فراتر رود باید چاره ای بیابند. البته برای به حداقل رساندن مصرف انرژی الزاماً باید در مراحل طراحی و اجرای ساختمان و تاسیسات اصول و ضوابط مشخصی را رعایت کرد. اما در مورد بناهای موجود که قبلاً ساخته شده اند چه می توان کرد؟

پاسخ دادن به ۱۲ سوال زیر در کاهش مصرف انرژی ساختمان در زمستان راهگشا خواهد بود:

۱- آیا می توان گرمایش کل ساختمان یا بخشهایی از آن را در ایام تعطیل متوقف کرد و یا حداقل دمای آن بخشها را در این ایام به میزان قابل توجهی کاهش داد (یعنی چیزی که اصطلاحاً به آن تنزیل دما می گویند)؟

۲- دیگ سیستم گرمایش شما چه موقع تمیز شده و مشعل آن کی تنظیم مجدد شده است و اصولاً این کار را هر چند وقت به چند وقت انجام می دهید؟

۳- آیا در سیستم گرمایش شما سیستم «تنزیل شبانه دما» که دمای آبگرم در گردش را متناسب با دمای هوای خارج تنظیم کند نصب شده است؟

۴- آیا می توانید ورود هوای خارج به داخل ساختمان را به حداقل برسانید؟

مخصوصاً در شبها، ایام تعطیل و هنگام پیش گرمایی صبحگاهی؟ آخرین باری که دمپهای ورود هوای تازه را برای احراز صحت عملکردشان و نداشتن نشت بررسی کردید کی بود؟

۵- اگر ساختمان شما اداری یا تجاری بوده و روزها و ساعتها کار مشخص است آیا می توانید از «ماندگرمایی» استفاده نموده و یک ساعت قبل از خروج افراد از ساختمان گرمایش را متوقف کنید؟

۶- آیا می توانید ساکنین ساختمان را راضی کنید که دمای میزان شده روی ترموستات اتاق را ۲ تا ۳ درجه کاهش دهند؟

۷- آیا رطوبت زنها درست کار می کند؟
بالا رفتن رطوبت اتاق موجب می شود افراد احساس گرما کنند، حتی وقتی گرمایش اتاق متوقف باشد.

۸- اگر ساختمان شما مرتفع است آیا برای به حداقل رساندن «اثر دودکشی» آن یعنی صعود هوای گرم از راه پله ها، شافت ها و مانند آن کاری کرده اید؟ یکی از کارها این است که از بسته ماندن درهایی که به این کانال ها باز می شوند اطمینان حاصل گردد.

۹- آیا برای جلوگیری از نفوذ هوا از درز پنجره ها و درهای خارجی از نوار درزبند استفاده کرده اید؟

۱۰- اگر ساکنین از سوز سرما در کنار پنجره ها شکایت دارند ببینید آیا می توانید با افزایش فشار هوای داخل اتاقها از نفوذ هوای خارج از طریق منافذ پنجره ها جلوگیری کنید؟ این کار ممکن است با کاهش تخلیه (اگزاست) هوای داخل و افزایش هوای رفت به اتاقها صورت گیرد.

۱۱- چنانچه روکار بیرونی ساختمان شیشه ای ساده است، برای کاهش نرخ انتقال حرارت از طریق شیشه ها آیا اضافه کردن یک لایه با ضریب انتشار پایین را مورد بررسی قرار داده اید؟ امروزه برای این امر گزینه های متعددی وجود دارند که روی نورگیری شیشه نیز تاثیر منفی نمی گذارند.

۱۲- اگر پنجره ها قابل باز و بسته شدن هستند، چه کسی هر شب بسته بودن آنها را کنترل می کند؟ سریع ترین راه احراز بسته بودن پنجره های مشاهده عینی است.

پانویس:

۱- Semi displacement Ventilation

۲- Setback

۳- Night Setback

۴- Thermal Inertia

۵- stack Effect