راهنمای انتخاب

لامپ ضدمیکرب ماوراء بنفش یا UV

«پاره‌ی نخست»

برگردان: مهندس
منبع: کاتالوگ‌های فنی Carrier

یکی از مهم‌ترین مسایل یک مهندس HVAC کیفیت هوای داخل یا IAQ است. اغلب شکایات کارفرمایان ساختمان‌ها، اپراتورها و ساکنان راجع به بوهای نامطبوعی است که از سیستم‌های HVAC ساطع می‌شوند.

این بو یکی از محصولات جانبی رشد میکرب‌ها (کپک و قارچ) است که روی سطوح خیس دستگاه‌های HVAC جمع و گسترش می‌یابد و سبب ایجاد بوی نامطبوع و کاهش IAQ و کارآیی کلی دستگاه‌ها می‌گردد. این بو را سندرم «جوراب کثیف» می‌گویند.

اثرات فیزیکی ارگانیسم‌های میکربی روی وسایل HVAC، اگر چه برای ساکنان ساختمان چندان قابل درک نیست اما اهمیت آن از سندرم فوق کمتر نیست. این ترکیبات یا ارگانیسم‌ها، جریان هوا را محدود می‌کنند و قدرت انتقال حرارت را کاهش می‌دهند که خود سبب افزایش هزینه‌های کاری تجهیزات می‌شود.

خوشبختانه، با نصب لامپ‌های UV-C با باند C ماوراء بنفش مشکل کاهش IAQ، بوی نامطبوع و افزایش هزینه‌ها قابل حل هستند. لامپ‌های میکرب‌کش یا ضدعفونی کننده UV طوری طراحی می‌شوند که بوی مولد کپک و قارچ را که در سطوح خیس اواپراتور دستگاه‌های HVAC امکان رشد دارند، نابود کنند. این لامپ‌ها در داخل سیستم‌های HVAC نصب و به سمت نواحی تحت این ترکیبات اشعه پراکنی می‌کنند و رشد این ترکیبات را غیر ممکن می‌سازند. وقتی این ترکیبات نابود شدند، بوها نیز از بین می‌روند و از همه مهم‌تر اینکه دیگر کسی از نبود کیفیت هوای داخل شکایت نمی‌کند.

در این راهنما رشد میکربی و مشکلات آلودگی IAQ در صنعت HVAC، لامپ‌های UV- C و دیگر راه‌حل‌های احتمالی و نیز منافع

اســتفاده از لامپ UV-C شرکت کریر (Carrier) مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

UV-C یکی از اشــکال انرژی الکترومغناطیس اســت که به صورت طبیعی توسط خورشــید تولید می‌شود. انرژی UV-C مصنوعی به تقویت IAQ کمک می‌کند به این ترتیب که ترکیبات میکربی را که در ســطوح خیس سیستم‌های HVAC رشد کرده‌اند، نابود می‌کند.

طیف‌های الکترومغناطیس

خورشــید که یک سیستم راکتور هسته گرمایی است، طیفی از انرژی الکترومغناطیسی را تولید می‌کند که اشعه‌های خورشیدی تا امواج رادیویی را در بر می‌گیرد. اتفاقا، از نســبت‌های مختلف این طیف الکترومغناطیس آگاهــی داریم مانند بخش مادون قرمز که زمیــن را گرم می‌کند و بخش نور مرئی که چشــم‌های ما به کمک آن می‌بینند. انرژی UV نیز بخشــی از طیف الکترومغناطیس خورشــید اســت. منطقه UV (به جز UV خلاء) به صــورت آن بخش از الکترومغناطیس تعریف می‌شــود که دارای طول موج‌های بین ۲۰۰ و ۴۰۰ nm اســت. همچنین UV-C موسوم به UV مــوج کوتاه دارای طول موج‌های بین ۲۰۰ nm و ۲۹۰ nm (شــکل ۱) است.

انواع انرژی الکترومغناطیس UV

اســتفاده از اشــکال مختلف انرژی UV در زندگی روزانه کاملا رایج است و در برابر شماری از این اشکال باید مراقب بود زیرا می‌توانند دردناک و مضر باشند. بنابراین آشنایی با این اشکال انرژی UV، کاربردهای آن‌ها و اثرات مضر آن روی انســان موقع عدم کنترل صحیح بسیار حایز اهمیت است.

در زیر سه شکل از انرژی UV مورد بحث قرار می‌گیرند:

انرژی UV-A که مولفه اصلی این انرژی اســت. انرژی UV-B که برای معالجه امراض پوســتی مانند سوریاس استفاده می‌شود. اگر شخص به مــدت طولانی در معرض انــرژی UV-A و UV-B باشــد، منجر به ســرطان پوست می‌شود و شواهد نشــان داده‌اند که خطر آب مروارید هم وجود دارد. انرژی UV-C در صورت اســتفاده همراه با حفاظ‌های صحیح برای بشر نسبتا بی‌خطر است هر چند اگر فرد به مدت طولانی در معرض آن باشد، سبب قرمزی موقت پوست و ورم ملتحمه موقت می‌شود.

فرآیند جذب و پخش

همان‌طور که قبلا گفتیم، خورشید انواع انرژی را از خود ساطع می‌کند که شــماری از اشــکال آن برای مولکول‌های پیچیده‌ای که جهت حیات زمین ضروری هستند، مضرند.

اشــکال مضر این انرژی اشعه امواج کوتاه اولترا است که شامل اشعه X، اشــعه گاما و اشعه UV اســت. به خاطر فاصله میان زمین و خورشید، تنها بخشــی از انرژی ساطع شــده از خورشید به ســطح زمین می‌رسد و شــدت اشــعه ذره مضر را به حداقل می‌رســاند. خوشــبختانه این فاصله برای رســیدن نور مرئی و مــادون قرمز ضروری برای فتوســنتز و حیات مناسب اســت و انرژی خورشیدی که به جو زمین می‌رسد با فرآیند جذب و پخش نسبت به مولکول‌های جو واکنش نشان می‌دهد. در فرآیند جذب، مولکول‌ها انرژی خورشــیدی را جذب و به گرما تبدیل می‌کنند. در فرآیند پخش، انرژی خورشیدی به وسیله مولکول‌های گاز، ذرات غبار و بخار آب منعکس می‌شود. رنگ آبی آسمان به خاطر همین فرآیند پخش است. نور آبــی با طول موج کوتاه‌تر بســیار موثرتر از طول موج‌های بلندتر اســت و آسمان را آبی نشان می‌دهد.

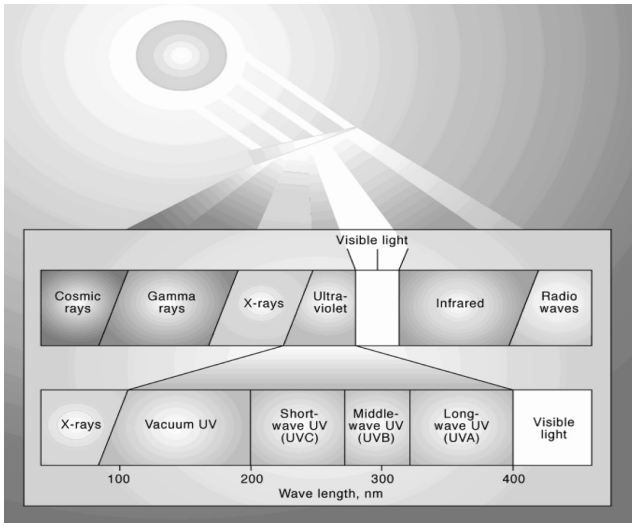
در شــکل (۲) مقادیر انرژی خورشــیدی که به جو زمین می‌رســد، با مقدار واقعی جذب شونده در سطح زمین مقایسه شده است.

جذب و ازن

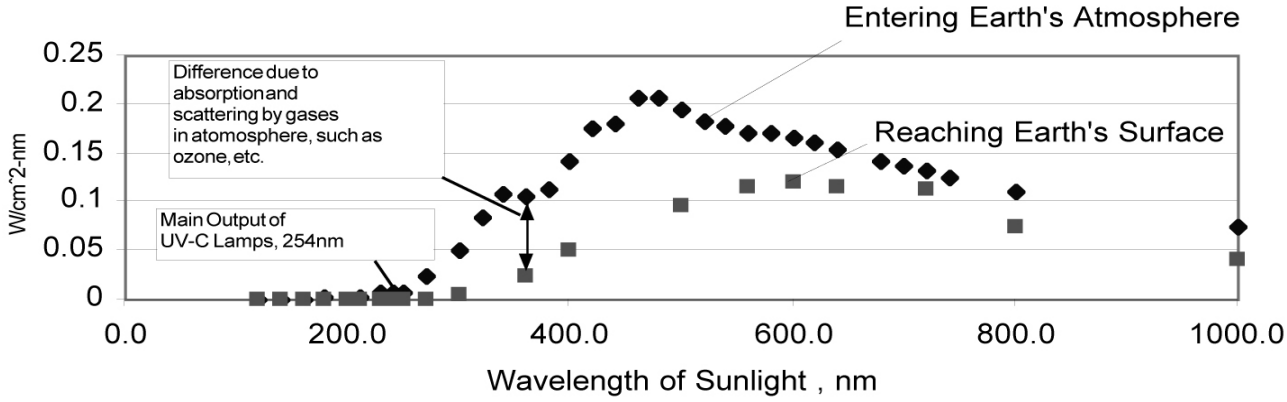
تشعشــع UV که به جو بالا می‌رســد، تحت تاثیــر فرآیند جذب قرار می‌گیــرد: جزء اصلی دخیل در جــذب انــرژی UV ازن (۰۳) جو فوقانی است. اکسیژن (O۲) در جو فوقانی، انرژی UV دارای طول موج‌های کمتر از ۲۴۲ nm (UV خــلاء و UV-C) را جــذب می‌کند. نتیجه آن تجزیه مولکول O۲ و تشــکیل O۳ اســت. O۳ نیز به نوبه خود انرژی UV را با طــول موج‌های ۲۴۲ nm تا ۳۲۰ nm (UV-C و UV-B) جذب و O۳ را دوباره به O۲ و O تبدیل می‌کند. این فرآیند دایمی مقدار آسیب بالقوه انرژی UV را که به سطح زمین می‌رسد، بسیار کاهش می‌دهد.

بنابراین، حفظ لایه ازن در جو بســیار حایز اهمیت اســت. برای حفظ محیــط زیســت و حفــظ O۳ در جو فوقانــی و اثرات خوب آن، شــرکت carrier و شــرکت‌های دیگر اســتفاده از ترکیبات مخــرب لایه ازن را به‌شدت کم کرده‌اند.

شکل (۱) انرژی خورشیدی



شکل (۲)



مولد ازن ابزاری برای ایجاد IAQ

هر چند ازن بخش بسیار ارزشمندی از جو است، اما در سطح زمین یک آلاینده است. بنابر اعلام سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده، تنفس ازن می‌تواند به شش‌ها آسیب برساند و مقادیر نسبتا پایین آن، سبب درد سینه، سرفه، تنگی نفس و حساسیت گلو می‌شود. ازن گازی سمی با خواص شیمیایی و سمی بسیار متفاوت با اکسیژن است. شواهد علمی نشان می‌دهند که در غلظتی که از استاندارد بهداشت عمومی بیشتر نباشد، ازن نمی‌تواند آلودگی‌های هوای داخل خانه را رفع کند. ازن به جو بالا تعلق دارد نه خانه‌ها و دفاتر کار ما.

کاربردهای UV-C

وقتی نور UV در سطح زمین به صورت صحیح و یا حفاظ مناسب استفاده می‌شود، می‌تواند به عنوان یک ابزار ضدعفونی کننده بسیار سودمند باشد اثرات ضدعفونی کننده نور UV برای اولین بار توسط یک دکتر دانمارکی به نام Niels Ryberg Finsen (۱۹۰۴-۱۸۴۰) در دهه ۱۸۸۰ مطالعه شد. دکتر فینسن متوجه ارتباط میان در معرض اشعه‌های خورشید بودن و اثرات محرک آن روی پوست انسان شد. کارهای او به تکامل لامپ معالجه فینسن منجر شد که وسیله‌ای برای تولید نور خورشید مصنوعی است. این نور خورشید حاوی نور UV نیز می‌باشد. لامپ فینسن تا دهه ۱۹۵۰ به عنوان یک ابزار کمکی در معالجات استفاده می‌شد. (شکل ۳)

نکته کلیدی کشف این دکتر دانمارکی آن بود که نور UV توان تخریب ارگانیسم‌های پاتوژنیک را دارد. اهمیت کار دکتر فینسن در سال ۱۹۰۳ و موقعی شناخته شد که او جایزه نوبل پزشکی را برد.

شکل (۳) لامپ معالجه فینسن

امروزه ما می‌دانیم که نور UV و به ویژه UV-C با طول موج تقریبی ۲۶۰ nm اثرات مناسب ضدعفونی‌کنندگی دارد. همچنین می‌دانیم که جیوه دارای خط طیف طبیعی ۳۵۲/۷m است و اگر در پلاسما تبخیر شود، انرژی UV-C را با طول موج ۲۵۴ nm از خود ساطع می‌کند. این کشفیات منجر به توسعه اولین لامپ‌های میکرب‌کش UV-C تجاری توسط بخش لامپ دانشگاه وستینگهاوس در دهه ۱۹۳۰ گردید. لامپ‌های وستینگهاوس اساسا در محیط‌های بیمارستانی تا دهه ۱۹۵۰ استفاده می‌شدند. چالش امروزی ما استفاده از قابلیت ضدعفونی‌کنندگی انرژی UV-C در صنعت HVAC است.

مزایای UV-C و مشکل IAQ

برای درک کامل انرژی UV-C به مثابه ابزاری در بهتر نمودن کیفیت هوا، بهتر است به صورت اجمالی موضوع IAQ و تلاش‌های انجام گرفته برای تعریف «کیفیت هوا»را شرح دهیم. استاندارد ASHRAE 62-1989 (شکل ۴) کیفیت هوا را این‌گونه تعریف می‌کند. «هوایی که در آن هیچ‌گونه آلودگی شناخته‌شده‌ای با غلظت مضر، طبق تعریف مقامات ذیصلاح در آن نباشد و اغلب افرادی که در معرض آن قرار می‌گیرند (۸۰٪ یا بیشتر) احساس ناخوشایند نداشته باشند.»

«هوای تازه» احتمالا مترادفی خوب برای «هوای باکیفیت» است. هوای تازه گاهی مترادف با هوای بیرون در نظر گرفته می‌شود. هوای بیرون بر اساس مکان آن، از نظر ترکیبات شیمیایی مجاز بسیار متفاوت است و نمی‌توان کاملا به آن اصطلاح هوای تازه را اطلاق کرد. برای پیچیده‌تر

شـدن می‌توان گفت که هوای تولید سیسـتم HVAC یعنی هوای رفت ترکیبی از هوای بیرون و هوای بازگشته از فضای تحت تهویه یعنی هوای بازگشـت اسـت. نکته کلیدی آن اسـت که هوای داخل ترکیبی از هوای منابع مختلف است و تعیین کیفیت هوا امری ذهنی است.

مشـکل تعیین کیفیت هوا در شـکل IAQ رخ نموده اسـت. در تمام وضعیت‌هایی که در آن IAQ یک مشـکل است، سه عامل حضور دارند: منبع آلودگی، ساکنان مستعد و سازوکاری برای انتقال آلودگی. نمونه‌هایی از منابع آلودگی سـاختمان، وسایل آن، ساکنان ساختمان و افراد خارج آن هسـتند. ساکنان مستعد، افراد ساکن در سـاختمان و مکانیسم یا سازوکار انتقال، سیستم HVAC است که حجم وسیعی از هوا را می‌گرداند.

مسـاله IAQ شبیه یک تخت سه پایه است که سه پایه آن سه عامل مشـکل IAQ هسـتند. اگر هر کدام از پایه‌های تخـت را برداریم خراب می‌شود و مشکل IAQ حل می‌گردد.

شناسایی آلاینده‌های IAQ

آلاینده‌ها به دو دسته گازی و ذره‌ای تقسیم می‌شوند.

گازها

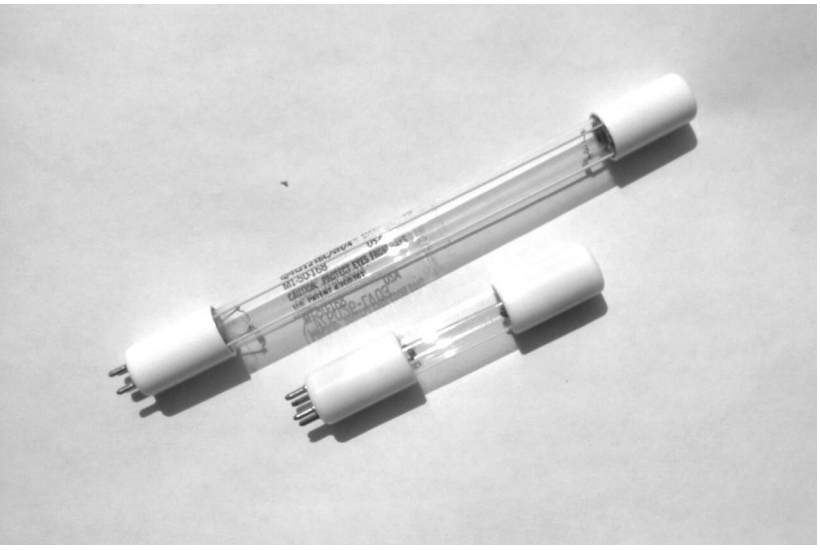
گازها شـامل ترکیبات آلی فرار (VOCها) می‌شوند. ترکیبات آلی به صورت ترکیبات آلدهیدها دسـته‌بندی می‌شـوند که کسر قابل توجهی از VOCها هسـتند. فرمالیدها و اسـتالیدهیدها مشـترکا به عنوات بخارات آلدهیدها شـناخته می‌شوند. منابع بالقوه VOC بیشتر از وسایل ساختمانی مانند فرش‌ها، مبلمان و ... محصولات فرعی چرخه حیات میکروارگانیسم‌ها نشات می‌گیرد که این میکروارگانیسم‌ها در ساختمان یا سیستم HVAC آن زندگـی می‌کنند. آلدهیدها، محصولات فرعی فرآیندهای شـیمیایی و غیر گازی هسـتند که در داخل یا خارج ساختمان روی می‌دهند. VOCها بـه صورت ویژه مدنظر قرار می‌گیرند، زیرا اغلب افراد حتا در برابر سـطح VOC زیر سـطح معرض مجاز (PEL) نیز واکنش می‌دهند. علایم رایج حساسیت به VOC حساسیت چشم‌ها، بینی و یا گلو است.

ذرات

دسته‌بندی یک آلایندگی به صورت یک ذره یا مولکول بزرگ گاهی دشـوار است، اما می‌توان به صورت دلخواه ذره را به‌عنوان هر جزء با قطر ۰.۱ میکرومتـر یا بزرگ‌تر تعریف کرد در حالی‌کـه قطر مولکول‌ها بزرگ کمتر از ۰.۱ میکرومتر است.

مثلا انـدازه ویروس‌هـا از ۰،۰۵ میکرومتر تا قـدری بزرگ‌تر از ۰،۱ میکرومتر هسـتند و ویروس‌های عمومی ذره نامیده می‌شوند. هواویزهای (آیروسـل) زنـده به صورت ذرات هـوازی تعریف می‌شـوند که ترکیبات زنده، هاگ‌ها یا بخشی از ارگانیسـم هستند که از ارگانیسم‌های زنده رها می‌شـوند. هواویزهای زنده شـامل پاتوژن‌ها (ویروس بیماری‌زا، کپک و باکتری)، مواد حساسـیت‌زا یا آلرژن (کپک و باکتری‌هایی که حساسیت‌زا هسـتند) و توکسین (میکوتوکسین‌ها و اندوتوکسـین‌ها) هستند. به لحاظ ایرودینامیکی، هواویزهای زنده هماننـد گازها عمل می‌کنند یعنی در هوا شناور می‌شوند و به وسیله گرادیان‌های حرارتی به حرکت در می‌آیند و یا ساعت‌ها معلق می‌مانند.

این هواویزهای زنده از کجا می‌آیند؟ متاسـفانه ساختمان‌های مدرن، بهشـت این هواویزهای زنده‌اند. کپک‌ها در نواحی تاریک و مرطوب رشد می‌کننـد و تنها به رطوبت ۳۰٪ یا بیشـتر نیاز دارند. شـاخص دیداری یا بصری وجود قارچ، کپک است. کپک محصول فرعی قارچ است و به رنگ خاکستری یا سبز است و بوی کپک می‌دهد. باکتری‌ها در آب جاری رشد می‌کنند و بوی بدی دارند. انسـان‌ها نیز در ایجاد هواویزهای زنده در جو نقش دارند. عطسـه کردن و آب بینی منبـع اصلی ویروس‌های هواویزی



در ساختمان هستند. یک عطسـه می‌تواند ۱۰۰،۰۰۰ قطره حاوی پاتوژن مرطوب تولید کند. این قطرات موسوم به «فومیتی‌ها» به مدت طولانی در هوا معلق خواهند ماند و توسط سیستم HVAC گردش می‌کنند.

بـه طور خلاصه، می‌توان گفت که آلاینده‌ها بسـیار متنوع و از منابع متعددی هستند. عامل مشترک تمام این آلاینده‌ها آن است که بخشی از آن‌ها توسط سیستم HVAC گردانده می‌شوند.

منابع آلایندگی

آلودگی سیسـتم HVAC به هواویزهای زنده، نکته مهم مورد توجه ماست و منابع اصلی آلودگی بیولوژیک در یک منبع آب، محل مواد غذایی و ریشـه‌های اولیه هواویزهای زنده ایجاد می‌شود. تعداد هواویزهای زنده مورد نیاز برای آلودگی بسـیار کم اسـت. در حقیقت، تنهـا به یک مقدار میکرسـکپی نیاز اسـت تا این آلودگی ایجاد شـود. منابع این هواویزهای زنده در خارج ساختمان یا درون خود سـاختمان هستند. هواویزهای زنده از طریق ورود هوا وارد سیسـتم HVAC می‌شـوند. اشکال مختلف قارچ

در خارج ساختمان وجود دارند و از طریق هوای ورودی تازه به شکل هاگ وارد سیستم HVAC می‌شوند.

هاگ‌ها بسیار مقاوم هستند و به مدت طولانی می‌مانند تا تحت شرایط صحیح زیست محیطی پرورش یابند. محیط داخلی که گرم و دور از نور آفتاب است، فضای مناسبی برای رشد ویروس و باکتری است که در غیر این صورت نمی‌تواند به مدت طولانی در خارج این محل زندگی کند. پیشروی هاگ‌ها سبب رها شدن هاگ‌های اضافی در محیط داخلی می‌شود که این امر اثر تکثیر کنندگی نامیده می‌شود. افزایش تعداد هاگ‌ها در هوای برگشت نسبت به میزان هاگ در خارج چندان چیز عجیبی نیست.

حیوانات کوچک، جوندگان و پرنده‌گان می‌توانند باکتری‌های مختلف و ترکیبات پاتوژنیک مختلف را از طریق جریان هوای برگشت به سیستم HVAC انتقال دهند.

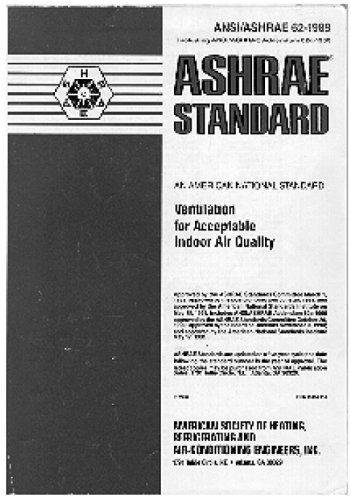
شرایط آب و هوایی یکی از آلاینده‌های سیستم HVAC است. قارچ در واقع در هر جایی رشد می‌کند اما به طور اخص در آب و هوای داغ بیشتر رشد می‌کند. وقتی خاک خشک است، باد به‌راحتی خاک را پخش می‌کند و جریانات هوا هاگ‌ها و باکتری‌ها را به سمت ورودی‌های سیستم HVAC هدایت می‌کند. شرایط کاری امروزی HVAC در میزان آلودگی دخیل است.

قبل از بحران انرژی اواسط دهه ۱۹۷۰، سیستم HVAC به صورت مداوم با جریان هوای ثابت کار می‌کرد. رطوبت که در کویل تقطیر می‌شود و به سمت تشتک تخلیه جریان می‌یابد، دوباره در هوای دارای سرعت ثابت تبخیر می‌شود در نتیجه، سطح کویل و تشتک تخلیه اغلب اوقات خشک است.

بعد از بحران انرژی، فعالیت HVAC به این صورت شد که در آن جریان هوا بر اساس استفاده از سیستم‌های حجم هوای متغیر (VAV) شد و قفل‌های زمانی، چرخه کاری دستگاه را ON/OFF می‌کند و محرک‌های دارای فرکانس متغیر (VFD) سرعت بادزن را تغییر می‌دهند. جریان هوای متغیر این امکان را می‌دهد که در تشتک تخلیه و کویل رطوبت جمع شود که محیطی مناسب و ایده‌آل برای رشد قارچ، باکتری و ویروس است چون این محیط تاریک، گرم و مرطوب است.

قبلا تمیزکاری تشتک تخلیه و کویل هفته‌ای یک بار انجام می‌شده است. امروزه طبق پیشنهاد BOMA یا انجمن مدیران و مالکان ساختمان، تمیزکاری به طور متوسط تنها ۳/۵ بار در سال است. تغییر روش کار همراه با تغییرات در فعالیت‌های نگهداری محیط خوبی ایجاد کرده است که به رشد هواویزهای زنده کمک می‌کند. این محیط برای رشد هواویزهای زنده بسیار مناسب است. آهنگ تقسیم متوسط سلول برای کپک‌ها و باکتری‌ها ۴۰ دقیقه یک‌بار است. با این آهنگ تقسیم، یک ارگانیسم روی کویل گرم و مرطوب می‌تواند در یک هفته به ۵/۷×۱۰^۱۷ =۵۷۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ تبدیل شود.

شکل (٤) استانداردهای ASHRAE



اثرات آلاینده روی سیستم‌های HVAC

اثرات روی سیستم HVAC دو جنبه دارد. اثر اول آن به صورت کاهش کارآیی است. میلیون‌ها ارگانیسم که روی سطح کویل رشد می‌کنند، جریان هوا را محدود می‌کنند و به این ترتیب کارآیی وسیله کاهش می‌یابد و هزینه کار آن افزایش پیدا می‌کند. وجود این ترکیبات در سطح روی پره‌ها قابلیت انتقال حرارت کویل را کاهش می‌دهد و سبب کاهش کارآیی و افزایش هزینه‌های کاری می‌شود.

اثر دوم روی کیفیت هوای داخلی است. قارچ، باکتری و ویروس در این محیط دست ساز رشد می‌کنند. وقتی سیستم HVAC کار می‌کند، حجم وسیعی از هوای متحرک در سراسر سازه این هواویزهای زنده را وارد بخش‌های مختلف ساختمان می‌کند. سیستم HVAC میزبان آلودگی می‌شود و عامل افزاینده آلاینده‌ها در IAQ است.

راه حل آلاینده‌های HVAC

خوشبختانه راه حل ساده است. استفاده از UVGI برای نابودی این آلاینده‌ها در سیستم HVAC کافی است. منابع بشر ساخته‌ی انرژی UV-C را در سیستم نصب کنید تا منشاء مشکل را رفع و سه پایه IAQ فرو ریزد!

پرتوافشانی ضدعفونی کننده ماوراء بنفش (UV)

در صورتی که انرژی UV-C به خوبی و به روشی مناسب استفاده شود، می‌تواند از رشد بیولوژیکی جلوگیری کند. انرژی UV-C قادر است پیوندهای مولکولی را بشکند و رشد سلول ارگانیسم را متوقف نماید. انرژی UV-C، DNA ارگانیسم را نابود و از تکثیر و تولید آن جلوگیری می‌کند و کلید UVGI استفاده از دوز کرونیک انرژی UV است که ۹۹/۹٪ ارگانیسم‌های هدف را نابود می‌کند.

خروجی یک لامپ UV-C بر حسب $microwatt/cm^2$ بیان می‌شود که در فاصله یک متری حباب لامپ اندازه‌گیری می‌شود.