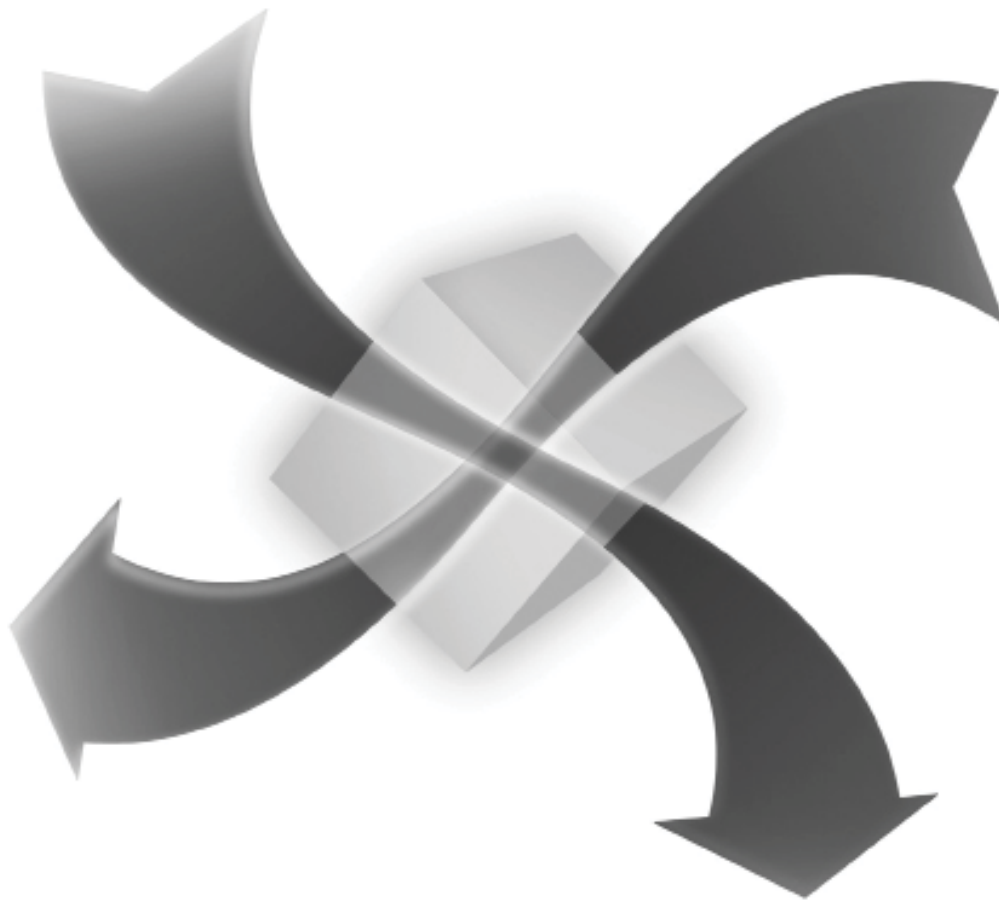


## بررسی سیستم تهویه بیمارستان قسمت دوم؛ "اصول تهویه"



موجود در سایر ساختمان‌های تجاری و مسکونی نیستند چراکه عملکرد کادر درمان می‌تواند تحت تأثیر عملکرد این سیستم‌ها قرار گیرد و نقص عملکرد این سیستم‌ها می‌تواند موجب عدم موفقیت در برخی فرایندهای درمانی شود.

سالانه ۲ الی ۴ میلیون مورد، عفونت بیمارستان در جهان اتفاق می‌افتد که منجر به مرگ ۲۰ تا ۸۰ هزار نفر می‌شود. هزینه عفونت‌های بیمارستانی در ایالات متحده آمریکا سالانه ۴ تا ۵ میلیارد دلار برآورد

سیستم تهویه نامناسب، از مهم‌ترین عوامل آلودگی هوای محیط بیمارستان‌ها در کشورمان است. بی‌شک استفاده از سیستم تهویه و تصفیه مناسب هوا منطبق بر استانداردهای معتبر جهانی به‌خصوص در بخش‌های با ریسک بالا در بیمارستان ضرورت دارد و می‌تواند در کاهش مشکل آلودگی اثر قابل توجهی داشته باشد. در علم پزشکی امروز، سیستم‌های تهویه بخشی از فرآیند درمان محسوب می‌شوند و فقط تجهیزات تأسیساتی معمولی نظیر تجهیزات

به‌طورکلی تهویه بیمارستانی عبارت است از ورود هوای تازه و تمیز و انتشار آن در درون بخش‌های بیمارستان یا اتاق‌های بیماران باهدف فراهم نمودن هوای سالم برای تنفس بیماران و کارکنان، کاهش غلظت مواد آلاینده تولیدشده در داخل بیمارستان و نیز خروج این آلاینده‌ها از بیمارستان به‌نحوی که مانع از گسترش عفونت‌های قابل انتقال از طریق هوا بین بیماران و یا کارکنان و همچنین مانع از گسترش این عفونت‌ها به خارج از بیمارستان شود.

شده است. تخمین زده شده که ۱۰ درصد از عفونت‌های بیمارستانی هوابرد بوده و همچنین ۱۶ درصد از عفونت‌های بخش مراقبت‌های ویژه نتیجه انتقال پاتوژن‌های هوابرد است. بنابراین تهویه ناکافی، میزان سرایت بیماری را افزایش می‌دهد.

### انواع سیستم‌های تهویه در بیمارستان

هدف تهویه، تهیه هوای سالم برای تنفس، کاهش غلظت مواد آلاینده تولیدشده در داخل بیمارستان و خروج آلاینده‌ها است. با افزایش تعویض هوا به میزان دو برابر، غلظت ذرات هوابرد در هوا نیز به نصف کاهش می‌یابد. بهبود تهویه در مراکز بهداشتی و درمانی در پیشگیری از انتقال عفونت‌های هوابرد ضروری است و قویاً توصیه می‌شود. در این خصوص، موارد همچون موارد زیر از اجزاء و پارامترهای اصلی تهویه بیمارستانی هستند.

**میزان تهویه:** مقدار و کیفیت هوایی که به داخل بیمارستان وارد می‌شود.

**جهت جریان هوا:** جهت کلی جریان هوا

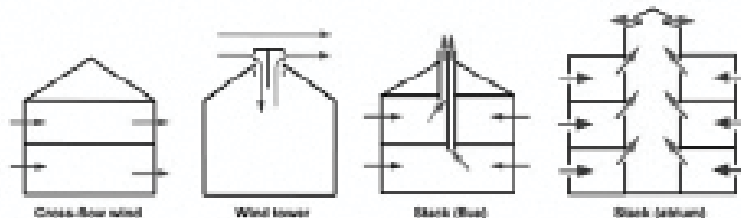
در بیمارستان است که باید از بخش‌های تمیز به سمت بخش‌های آلوده باشد.

**انتشار هوا یا الگوی جریان هوا:** هوای بیرون باید به طریق مؤثر وارد هر بخش از بیمارستان شده و آلاینده‌های تولیدشده در هر بخش بیمارستان به نحو مؤثری خارج شوند.

در ادامه به انواع روش‌های تهویه می‌پردازیم.

### تهویه طبیعی

نیروهای طبیعی (به‌عنوان مثال باد) هوای بیرون را از طریق پنجره‌ها، درب‌ها، نورگیرها و هواکش‌ها به داخل ساختمان و همچنین هوای داخل را به خارج ساختمان بیمارستان هدایت می‌نمایند. میزان استفاده از تهویه طبیعی در بیمارستان به آب‌وهوا، نقشه ساختمان و رفتار اشخاص ساکن در بیمارستان بستگی دارد. شکل ۱، روش‌های مختلف تهویه طبیعی و شکل ۲، نحوه جانمایی اتاق‌ها برای استفاده از حداکثر تهویه طبیعی در بیمارستان را نشان می‌دهند.



شکل ۱. روش‌های مختلف تهویه طبیعی در بیمارستان

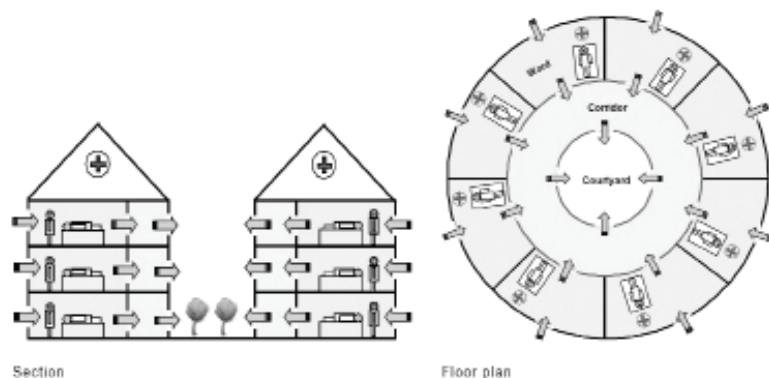
بیشترین تهویه طبیعی در زمانی که پنجره‌ها در ۲ طرف اتاق باز باشند فراهم می‌شود. مشکل اصلی تهویه طبیعی، بستن پنجره‌ها در زمان شب و هوای سرد است. استفاده از انواع فن‌ها از جمله سقفی یا آگزوز فن‌های تعبیه‌شده در پنجره‌ها فقط در زمان تأمین میزان کافی هوای بیرون مجاز است چون در غیر این صورت باعث انتشار بیشتر آلاینده‌های هوا در اتاق بیمار می‌شوند.

### تهویه مکانیکی

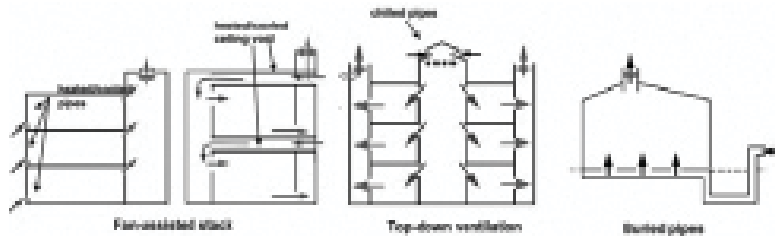
تهویه مکانیکی معمولاً از طریق فن‌ها ایجاد می‌شود. فن‌ها می‌توانند به‌طور مستقیم در پنجره‌ها یا دیوارها، یا در کانال هوا برای تأمین هوا یا خروج هوا از اتاق نصب شوند. تهویه مکانیکی می‌تواند به‌طور کامل کنترل‌شده و با سیستم‌های تهویه مطبوع و فیلتراسیون ترکیب شود که در ادامه به آن می‌پردازیم. نوع سیستم تهویه مکانیکی مورد استفاده بستگی به آب‌وهوا دارد. در آب‌وهوای گرم و مرطوب نفوذ هوا باید به حداقل رسیده و همچنین تقطیر را کاهش داد. در این وضعیت سیستم تهویه مکانیکی فشار مثبت معمولاً استفاده می‌شود. در مقابل، در اقلیم‌های سرد برای کاهش تقطیر باید خروج هوا از ساختمان به حداقل برسد، در این وضعیت باید تهویه با فشار منفی استفاده شود. برای اتاق‌های محل تولید آلاینده مانند حمام، توالت یا آشپزخانه اغلب از تهویه با فشار منفی استفاده می‌شود.

### تهویه ترکیبی

در تهویه ترکیبی جهت تأمین میزان جریان هوای مورد نیاز، از تهویه طبیعی همراه با تهویه مکانیکی (فن) استفاده می‌شود. شماتیک انواع روش‌های تهویه ترکیبی مورد استفاده در بیمارستان در شکل ۳ آورده شده است. در زمانی که تهویه طبیعی به‌تنهایی مناسب نیست، می‌توان از هواکش‌ها (فن) با قدرت مناسب برای افزایش میزان تهویه در اتاق‌ها استفاده شود. این فن‌ها باید به‌گونه‌ای نصب شوند که هوای اتاق به‌طور مستقیم از طریق



شکل ۲. جانمایی اتاق‌ها برای استفاده از حداکثر تهویه طبیعی در بیمارستان



شکل ۳. شماتیک انواع روش‌های تهویه ترکیبی

- فراهم نمودن هوای موردنیاز برای محافظت کارمندان و بیماران مستعد به پاتوژن‌های بیماری‌زای قابل انتقال از طریق هوا در بیمارستان  
- کاهش خطر انتقال پاتوژن‌های بیماری‌زای قابل انتقال از طریق هوا از بیماران آلوده به سایر افراد مستعد

یک سیستم تهویه مطبوع شامل یک ورودی و خروجی؛ فیلترها؛ فرایندها یا مکانیسم‌های اصلاح رطوبت (کنترل رطوبت در تابستان، حذف رطوبت در زمستان)؛ تجهیزات سرمایش و گرمایش؛ فن، اگزوز هوای خروجی؛ کانال؛ دیفیوزر برای توزیع مناسب هوا است. کاهش عملکرد تجهیزات تهویه مطبوع از جمله عدم کارایی فیلتر، عایق نامناسب و نگهداری ضعیف باعث افزایش انتشار عفونت‌های قابل انتقال از طریق هوا در بیمارستان می‌شود.

در سیستم‌های تهویه مطبوع، هوای وارد شده به سیستم توزیع پس از تنظیم دما و رطوبت از مجموعه‌ای از فیلترها برای پاک‌سازی بیشتر عبور داده شده و در بخش‌های مختلف توزیع می‌شود، سپس از طریق کانال مجزا به سیستم تهویه مطبوع برگشت داده می‌شود. در بیمارستان باید هوا معمولاً به‌طور مستقیم مکان‌هایی نظیر توالت و از طریق کانال مجزا به اتمسفر بیرونی باید هدایت شود. در بخش‌هایی از بیمارستان که بیماران مبتلا به سل در آن بستری هستند در صورت امکان باید هوای داخل بخش یا اتاق به بیرون منتقل و یا قبل از بازچرخش در بخش حتماً از فیلترها عبور داده شود. می‌توان به‌عنوان یک روش جانبی برای پاک‌سازی هوا در بیمارستان از سیستم پرتو ماوراءبنفش استفاده نمود اما نمی‌توان از آن به‌عنوان جایگزین فیلتراسیون‌ها استفاده کرد. طراحی سیستم‌های تهویه مطبوع در بیمارستان‌ها باید بر اساس پارامترهای نظیر تنظیم درجه حرارت، تنظیم رطوبت، تنظیم فشار، فیلتراسیون هوا، چرخش هوا در اتاق و یا تخلیه هوا به هوای بیرون باشد.

طبیعی پرداخته شده است.

### تهویه مطبوع

تهویه مطبوع یکی از انواع روش‌های تهویه مکانیکی است که اجزاء اصلی آن، سیستم گرمایشی، سیستم سرمایشی و تخلیه هوا است. سیستم تهویه مطبوع چهار عامل دما، رطوبت، سرعت و پاکی هوا را به‌طور هم‌زمان کنترل می‌نماید.

سیستم‌های تهویه مطبوع در مراکز بهداشتی درمانی با اهداف زیر طراحی می‌شوند:

- نگهداری دما و رطوبت هوا در سطح مطلوب برای کارکنان، بیماران و ملاقات‌کنندگان
- کنترل بو
- حذف هوای آلوده شده

دیوار یا سقف به محیط بیرون تخلیه شود. تعداد و اندازه این هواکش‌ها به میزان تهویه موردنظر بستگی دارد و باید قبل از استفاده از قدرت آن اطمینان حاصل شود.

استفاده از هواکش‌ها در تهویه ترکیبی مشکلاتی مانند محل نصب (به خصوص برای هواکش‌های بزرگ)، صدا (به‌ویژه برای هواکش‌های با قدرت بالا)، کاهش یا افزایش دما در اتاق و نیاز به منبع برق دائمی دارد. در صورت اختلال در دمای اتاق می‌توان از سیستم‌های سرمایش و گرمایش تکی و پنکه‌های سقفی با رعایت نکات لازم استفاده نمود. در جدول ۱ به برخی از مزایای تهویه مکانیکی، ترکیبی و

مزایا / معایب	تهویه مکانیکی	تهویه طبیعی	تهویه ترکیبی
مزایا	مناسب برای هر نوع آب و هوا و تغییر فصل	مناسب برای آب و هوای گرم و معتدل	مناسب برای بیشتر شرایط آب و هوایی و تغییر فصل
	ایجاد محیط مطبوع و کنترل شده	پایین بودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و نگهداری	صرفه جویی در انرژی
	محدوده کوچکتری از کنترل عوامل محیطی بوسیله ساکنین انجام می‌گردد.	توانایی تامین میزان بالای تهویه دائمی زیادی از کنترل عوامل محیطی بوسیله ساکنین قابل انجام است	قابلیت انعطاف پذیری بالا
معایب	هزینه بالای نصب و نگهداری	به میزان زیاد تحت تاثیر آب و هوای بیرون ساختمان و نیز عملکرد ساکنین قرار می‌گیرد.	ممکن است گران باشد.
	در بعضی از موارد ناتوانی در توزیع هوای مورد نیاز از بیرون به داخل بخش‌های بیمارستان	پیشن بینی، تجزیه و تحلیل و طراحی آن مشکل است.	ممکن است طراحی آن سخت باشد.
	عوامل بالقوه ایجاد سر و صدا	در شرایط آب و هوای گرم، مرطوب یا سرد میزان راحتی و آسایش را کاهش می‌دهد.	
		عدم توانایی در ایجاد فشار منفی در اتاق‌های ایزوله که آینه یا طراحی درست ممکن است فراهم گردد.	
		با توجه به موقعیت بیمارستان امکان ورود سرو صدا از بیرون وجود دارد.	
		استفاده از تهویه طبیعی با فن آوری بالا برخی محدودیت‌ها و معایب تهویه مکانیکی را دارد.	

جدول ۱. مزایا و معایب تهویه مکانیکی، ترکیبی و طبیعی

بهترین نوع تهویه مطبوع، آن است که بتوان دما و رطوبت هر محل را به طور مستقل کنترل و تنظیم نمود

دما در داخل فضا، ترموستات به دمپره‌های مربوطه فرمان می‌دهد که به چه نسبت باز و بسته شوند تا دمای اتاق تنظیم شود.

### تهویه با واحدهای محلی یا موضعی فن کویل

در این سیستم، سیال گرم و سرد مانند آب به وسیله شبکه لوله‌کشی، حرارت و سرمای لازم را از مرکز به واحد تهویه محلی می‌رساند این واحد از کویل حرارتی یا برودتی و ونتیلاتور در داخل یک جعبه تشکیل شده که هوای تازه و یا قسمتی از هوای برگشتی اتاق را گرفته از فیلتر گذرانده و پس از عبور از کویل حرارتی و یا برودتی وارد اتاق می‌نماید. معمولاً این واحدها با شیرهای حرارتی خودکار با سرعت‌های مختلف ونتیلاتور تنظیم می‌شوند. اغلب این واحدها را در زیر پنجره قرار می‌دهند که بتوان از هوای تازه خارج هم استفاده کرد. نکته قابل توجه این است که در فن کویل، کنترل نسبی رطوبت نسبی هوا امکان‌پذیر نیست. موارد مصرف این سیستم بیشتر برای ساختمان‌هایی است که هوای هر یک از اتاق‌ها و محل‌ها را بخواهند به طور مستقل کنترل یا متوقف نمایند. مانند بخش اداری بیمارستان که با توقف دستگاه‌ها در مواقع خارج از ساعت اداری بار کلی سیستم پایین آورده شده و مقرون به صرفه باشد. همچنین در ساختمان‌های قدیمی نظیر بیمارستان‌هایی که در سال‌های گذشته ساخته شده است و یا ساختمان‌هایی که امکان نصب کانال‌های قطور در آن‌ها نباشد از این سیستم استفاده

ورودی نصب می‌شود استفاده نمود، مزیت استفاده از فن کویل سقفی این است که هم دور از دسترس است و هم فضای داخل اتاق را اشغال نمی‌کند. کانال هوای تازه نیز یا مستقیم هوا را به داخل اتاق می‌رساند و یا به فضای هوابندی شده پشت فن کویل ختم می‌شود. استفاده از این سیستم در طبقاتی که عایق حرارت کف نداشته باشد چندان مناسب نیست.

### ۲- سیستم هوا رسان چند منطقه‌ای

سیستم پیشنهادی جهت سرمایش و گرمایش اتاق‌های عمل و احیاء، اتاق‌های زایمان و جراحی در بیمارستان، استفاده از هوا رسان چند منطقه‌ای است، اصولاً استفاده از هوا رسان‌های چند منطقه‌ای برای فضاهایی در بیمارستان پیشنهاد می‌شود که دما و رطوبت نسبی فضاهای مجاور آن‌ها یکسان نباشد به عبارت دیگر بخواهیم دما و درصد حذف رطوبت نسبی هر اتاق به طور جداگانه قابل کنترل و تنظیم باشد. با توجه به اینکه اتاق‌های عمل باید با صد در صد هوای تازه کار کنند، هواسازهای اتاق عمل باید دارای دمپر (وسیله‌ای برای کنترل جریان هوا) هوای برگشت نباشد و فقط دارای یک ورودی جهت هوای تازه باشد. در هواسازهای چند منطقه‌ای معمولاً دو کویل سرد و گرم به طور موازی استفاده می‌شوند. طرز عمل هواساز چند منطقه‌ای در بیمارستان به این صورت است که به طور مثال در تابستان هوای بیرون وارد هواساز می‌شود این هوا از دو مسیر مجزا یکی از روی کویل سرد عبور کرده و سرد می‌شود و مسیر دوم از روی کویل گرم که معمولاً در تابستان‌ها خاموش است عبور کرده و در واقع بدون تغییر به انتهای هواساز می‌رسد. در انتها، محل خروج این دوهوا توسط دو دمپر مجزا یکی برای هوای سرد و دیگری برای هوای گرم مخلوط می‌شود و توسط یک شبکه کانال‌کشی مجزا و جداگانه به طرف فضای مورد نظر هدایت می‌شود. کنترل دمای داخل اتاق توسط ترموستات انجام می‌شود و در صورت نیاز به کنترل

### سیستم‌های مختلف تهویه مطبوع

در ادامه به بررسی دو نوع از سیستم‌های تهویه مطبوع تحت عنوان تهویه مطبوع منطقه‌ای و تهویه با واحدهای محلی یا موضعی می‌پردازیم.

### تهویه مطبوع منطقه‌ای

بهترین نوع تهویه مطبوع، آن است که بتوان دما و رطوبت هر محل را به طور مستقل کنترل و تنظیم نمود و در بیمارستان‌ها که هر بخش آن با توجه به بیماران بستری و نوع بیماری و یا اتاق عمل و اتاق ایزوله شرایط هوایی مخصوصی را لازم دارد و نمی‌توان از یک مرکز، عمل تهویه را انجام داد، باید از تهویه مطبوع منطقه‌ای استفاده کرد. به طور کلی تهویه مطبوع منطقه‌ای دارای ۲ نوع سیستم است:

### ۱- سیستم فن کویل با توزیع هوای تازه مرکزی

سیستم پیشنهادی جهت سرمایش و گرمایش در اتاق‌های بستری، درمانگاه، اتاق پزشکان و پرستاران و اتاق‌های اداری بیمارستان سیستم فن کویل با توزیع هوای تازه مرکزی است. در این سیستم بار سرمایی و گرمایی توسط فن کویل جبران می‌شود و هوای مورد نیاز برای هر فضا توسط یک دستگاه هواساز مرکزی تهیه و توسط شبکه کانال‌کشی به داخل اتاق‌ها توزیع می‌شود. به عبارت دیگر چون هوای تازه توسط هواساز جداگانه تأمین می‌شود در نتیجه می‌توان این هوا را از لحاظ دما و رطوبت و تمیزی کاملاً کنترل کرد. معمولاً هوای تازه را از روی فیلترهای هپا عبور داده و به شرایط هوای داخل اتاق می‌رسانند. بزرگ‌ترین مزیت این سیستم کنترل موضعی دمای اتاق توسط ترموستات است. ارتباط ترموستات با موتور فن کویل که به آن فرمان روشن و خاموش می‌دهد و همچنین میزان هوای تازه که ایجاد فشار مثبت می‌کند باید قابل کنترل باشد. لازم به ذکر است در این سیستم بایستی برای هر اتاق از فن کویل سقفی که در بالای درب

می‌شود. با توجه به اینکه ممکن است اسپور قارچ‌ها و باکتری‌ها بر روی سطح کویل آن به فرم رویشی تبدیل شود استفاده از فن کویل به‌منظور تهویه بیمارستان باید همراه با احتیاط باشد.

## کولر

در ساختمان‌هایی که قبلاً در آن‌ها سیستم تهویه مطبوع پیش‌بینی نشده باشد یا در اتاق‌ها و مکان‌هایی که نیاز به خنک شدن دارند از کولر استفاده می‌شود. یک واحد کامل کولر شامل کمپرسور و باد-رسان و کویل تبخیرکننده است که در یک قفسه قرار گرفته و روی پنجره و یا دیوار خارجی ساختمان نصب می‌شوند. در این سیستم

امکان تجدید و تعویض هوا و استفاده از هوای برگشتی اتاق وجود دارد. معایب آن صدا و عدم کنترل رطوبت است. که رطوبت حاصله باعث تشدید رشد عوامل قارچی می‌شود.

## هود

از جمله سیستم‌های تهویه موضعی، هودها هستند که در ادامه به آن‌ها می‌پردازیم. هود، خصوصاً هودهای ایمنی زیستی، از مؤثرترین راه‌های کاهش انتشار آلاینده‌ها بخصوص در آزمایشگاه بیمارستان است (شکل ۴).

هودهای زیستی ایمنی عموماً به‌عنوان یک

سد محافظ اولیه در فرآیندهای آزمایشگاهی که نیازمند محافظت در برابر ارگانیسم‌های زنده و یا حفاظت افرادی که در معرض چنین موادی هستند، به کار می‌رود؛ فرآیندهایی نظیر فعالیت‌های میکروبی‌شناسی (کشت میکروب)، ساترفیوژ، تهیه اسید و غیره.

این هودها به‌طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند.

**هود زیستی ایمنی کلاس I:** این نوع هود، افراد و محیط‌زیست را در برابر عوامل خطرناک محافظت می‌نماید. ولی حفاظتی برای مواد و عواملی که با آن‌ها در داخل هود کار می‌شود، فراهم نمی‌آورد (زیرا هوایی که وارد هود می‌شود، در ابتدا فیلتر نمی‌شود). در این نوع از هودها، حفاظت فردی با ایجاد جریان هوایی به داخل هود با سرعت ۷۵ فوت در دقیقه و ایجاد فشار منفی در هود فراهم می‌شود، با تولید هودهای زیستی ایمنی کلاس II، استفاده از این نوع هودها کاهش یافته است. این هودها جهت کار با عواملی که خطر کم تا متوسط دارند، استفاده می‌شوند. در این دسته از هودها شدت جریان هوای داخل آزمایشگاه یا اتاق محل استقرار این هودها باعث کاهش کارایی هود می‌شود.

**هود زیستی ایمنی کلاس II:** قسمت جلوی این هودها باز است. هوا از این طریق وارد هود شده و به‌طرف فیلتر هدایت می‌شود. هوای وارد شده به داخل هود به‌جای گذر از فضای داخل هود، از یک سری منافذ در جلوی هود، به‌طرف پائین هدایت شده (جهت حفاظت از محصول) و از آنجا از طریق کانال پشت هود به بالا برده شده و پس از عبور از فیلتر هپا به داخل هود برگشته و قسمتی دیگر نیز از فیلتر هپای دوم دیگری عبور نموده و از دستگاه خارج می‌شود (جهت حفاظت از محیط). این کلاس از هودها به‌منظور تحقیقات بر روی بافت‌ها، کشت سلولی و بخصوص کار با ویروس‌ها استفاده می‌شود. هود کلاس II به چهار دسته کلی تقسیم می‌شود:

**هود کلاس II نوع A1:** در این نوع هود، هوا با سرعت ۷۰ فوت در دقیقه وارد هود



شکل ۴. هود ایمنی زیستی مورد استفاده در آزمایشگاه بیمارستان

اغلب در اتاق‌های عمل برای کاهش ریسک عفونت‌های هوا برد ناشی از فعالیت‌های درمان استفاده می‌شود. شکل ۵، شماتیکی از فرآیند توزیع هوا را نشان می‌دهد.

### پارامترهای مؤثر بر کارایی تهویه مطبوع

#### ۱- تعداد تعویض هوا

سیستم تهویه در مراکز درمانی نیازمند مقدار زیادی هوای تازه جهت رقیق‌سازی و از بین بردن آلودگی تولیدشده در این‌گونه مکان‌ها است. میزان تهویه در این مکان‌ها برحسب تعداد تعویض هوا در ساعت (Air Changes per Hour) یا ACH بیان می‌شود و نشان می‌دهد که هوای داخل ساختمان با چه سرعتی با هوای بیرون (یا هوای فرآوری شده) جایگزین می‌شود. برای مثال اگر مقدار هوای ورودی و خروجی در یک ساعت برابر با حجم کلی محیط باشد در این حالت گفته می‌شود در این فضا، یک‌بار تعویض هوا در ساعت اتفاق افتاده است. میزان جریان هوا با واحد فوت مکعب بر دقیقه (CFM) بیان می‌شود.

$$= Q$$

Q، دبی هوا برحسب فوت مکعب بر دقیقه است.

ACH، تعداد تعویض هوا در ساعت

برای محاسبه دبی هوای موردنیاز برای تهویه مناسب در یک محیط لازم است:

حجم محیط موردنظر (طول×عرض×ارتفاع) برحسب فوت مکعب محاسبه شود.

حجم هوای موردنیاز برای تهویه را با ضرب

که ایجاد محدودیت مطلق موردنیاز است، استفاده می‌شود.

### توزیع هوا در سیستم‌های تهویه

در سیستم‌های تهویه، معمولاً هوای فرآوری شده از سقف توزیع می‌شود و هوای برگشتی از قسمت سقف، از سمت دیگر اتاق خارج می‌شود. در شرایط خاص در مراکز درمانی برای مثال: اتاق‌های عمل، اتاق‌های زایمان، اتاق‌های آنژیوگرافی و ... نیاز است مسیر حرکت هوا کنترل گردد. هوا از طریق دریچه‌هایی از سقف وارد اتاق شده و از طریق دریچه‌هایی که در فاصله حداقل ۱۵ سانتی‌متری از کف اتاق بر روی دیوار جانبی نصب می‌شوند تخلیه می‌شود. این الگوی بالا به پایین هوا موجب حرکت هوای تمیز به سمت منطقه تنفسی و ناحیه کاری و پس‌از آن به سوی منطقه آلوده‌شده برای تخلیه در قسمت کف اتاق می‌شود.

شکل دیگری از توزیع هوا در مناطق بسیار تمیز و حساس بیمارستان‌ها، توزیع جریان هوای لایه‌ای یا تک جهتی است. سیستم‌های تهویه جریان هوای لایه‌ای، برای عبور یک‌طرفه‌ی خطوط موازی جریان هوا از میان یک ردیف فیلترهای هپا که در طول یک دیوار یا سقف هستند، طراحی شده‌اند. توزیع جریان لایه‌ای نیازمند حجم بسیار بالایی از جریان هواست. این سیستم یک‌طرفه، جریان هوا را بهینه می‌کند و جریان متلاطم هوا را به حداقل می‌رساند و آلودگی‌هایی که در این فضا تولید می‌شود را به‌طور سریع و مؤثر خارج می‌کند. سیستم‌های جریان هوای لایه‌ای

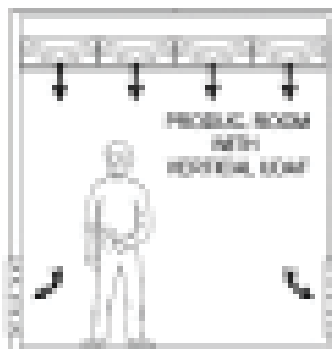
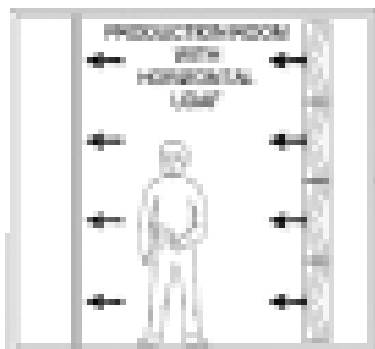
می‌شود. فشار درون آن منفی است ولی ممکن است مثبت شود، به همین دلیل برای مواد شیمیایی سمی قابل تبخیر و رادیونوکلئوتید قابل تبخیر مناسب نیست. ۷۰ درصد هوا را دوباره پس از عبور از فیلتر هوا به داخل هود برمی‌گرداند و ۳۰ درصد را پس از فیلتر شدن به محیط بیرون (خارج از محیط کار یا به داخل محیط کار) می‌فرستد.

**هود کلاس II نوع A2:** در این نوع هود هوا با سرعت ۱۰۰ فوت در دقیقه وارد هود می‌شود. در این هودها هوایی که از منفذهای زیر هود به‌طرف فیلتر هپا می‌رود، تحت فشار منفی است. در این نوع هودها ۳۰ درصد از هوا پس از فیلتر شدن، از هود خارج شده (به داخل ساختمان محل کار یا به محیط بیرون) و ۷۰ درصد (پس از فیلتر شدن) دوباره به داخل هود برمی‌گردد.

**هود کلاس II نوع B1:** در این نوع هود هوا با فشار ۱۰۰ فوت در دقیقه وارد هود می‌شود فشار هوا درون هود منفی است. ۳۰ درصد هوا پس از فیلتر شدن به داخل هود بازگردانده می‌شود و ۷۰ درصد آن به بیرون (خارج از ساختمان محیط کار و به جو) منتقل می‌گردد.

**هود کلاس II نوع B2:** در این نوع هود هوا با فشار ۱۰۰ فوت در دقیقه وارد هود می‌شود. فشار درون هود منفی است. هیچ‌گونه هوایی پس از فیلتر شدن دوباره به درون هود بازگردانده نمی‌شود و پس از فیلتر شدن به جو برمی‌گردد این هود برای مواد شیمیایی سمی قابل تبخیر و مواد رادیونوکلئوتید قابل تبخیر مناسب است.

**هود زیستی ایمنی کلاس III:** این هودها طوری طراحی شده‌اند که بالاترین سطح محافظت را برای کارکنان، محیط کار و مواد تأمین می‌کنند. هود کلاس III یک سد فیزیکی کامل بین فرد و مواد داخل هود تأمین می‌کند و محفظه‌ی جلوی آن مانند هود کلاس I و هود کلاس II بازنیست. از این نوع هودها در موقع کار با عوامل فوق‌العاده خطرناک زیستی و در مواردی



شکل ۵. نحوه توزیع هوا از سقف، و توزیع هوا به شکل لایه‌ای

کردن حجم اتاق در تعداد تعویض هوا در ساعت برای فضای موردنظر، به دست آورد. مطالعات انجام شده توسط موسسه معماری آمریکا نشان داده است که یک بار ACH می‌تواند ۶۳ درصد از ذرات معلق را به بیرون تخلیه کند. در صورتی که سیستم تهویه، هوا را ۱۰ بار در ساعت تهویه می‌کند، پس از گذشت ۱۴ دقیقه، ۹۰ درصد و پس از ۲۸ دقیقه، ۹۹ درصد آلودگی‌های هوا برد را از محل خارج خواهد کرد. بنابراین افزایش تعداد تعویض هوا در ساعت و جایگزینی هوای تازه، در پاک‌سازی آلودگی‌های هوا برد مؤثر است. بهترین حالت توصیه شده، تعداد ۱۲ بار تعویض هوا در ساعت است.

### کنترل رطوبت و دما

دو جزء مهم از هوای فرآوری شده، دما و رطوبت است.

#### دما

کنترل دما شامل عملکرد کویل‌های سرمایش و گرمایش برای حفظ دمای موردنظر در مناطق مختلف ساختمان است. دماهای سرد (۶۸ تا ۷۳ درجه فارنهایت) اغلب برای اتاق‌های عمل، محل‌های آندوسکوپی و غیره به کار می‌رود. دماهای گرم (۷۵ درجه فارنهایت) در مناطقی که نیازمند راحتی بیشتر بیمار است به کار می‌رود. دمای سایر مناطق در محدوده ۷۰ تا ۷۵ درجه فارنهایت هستند. بسته به وضعیت شخص در طول درمان در شرایط خاص در زمان‌ها و محل‌های محدود ممکن است نیاز به دمایی خارج از این محدوده باشد.

اگر رطوبت به اندازه کافی توسط سیستم تهویه مطبوع کنترل نشود، این امر می‌تواند منجر به یک فاجعه در خصوص رشد قابل توجه قارچ‌ها و بایوآئروسول‌هایی از این دست شود

سیستم‌های تهویه مطبوع در مراکز درمانی ممکن است تک کانالی یا دو کانالی باشند. سیستم تک کانالی هوای سرد با دمای حدود ۵۵ درجه فارنهایت را در سراسر ساختمان پخش می‌کند و برای کنترل دما در این سیستم‌ها از ترموستات‌ها استفاده می‌کنند و هوا را برای یک اتاق یا یک بخش خاص گرم‌تر می‌کنند. سیستم‌های دوکانالی که رایج‌تر هستند از دو کانال به صورت موازی تشکیل شده‌اند که یکی جریان هوای سرد و دیگری جریان هوای گرم را تأمین می‌کند. یک جعبه اختلاط در هر اتاق یا هر بخش، دو جریان را برای دستیابی به دمای مطلوب مخلوط می‌کند. استانداردهای دمایی بسته به منطقه خاص درمانی، به صورت یک درجه حرارت خاص یا یک محدوده دمایی ارائه می‌شود.

### رطوبت

تلاش‌ها برای محدود کردن رطوبت و نم اضافی در ساختمان و جریان هوا در سیستم‌های تهویه مطبوع می‌تواند تکثیر و پخش اسپورهای قارچی و باکتری‌های موجود در آب، در تمامی هوای درون ساختمان را به حداقل برساند. کنترل رطوبت شامل سیستم‌های رطوبت زنی و رطوبت‌گیری می‌باشند که برای حفظ حداقل و حداکثر سطح رطوبت در قسمت‌های مختلف ساختمان مورد نیاز می‌باشند. چهار معیار برای بیان میزان رطوبت و ویژگی‌های فیزیکی متفاوت مخلوط بخار آب و هوا استفاده می‌شود که شامل رطوبت نسبی، رطوبت مخصوص، نقطه شبنم و فشار بخار است. رایج‌ترین آن‌ها رطوبت نسبی است که عبارت است از نسبت مقدار بخار آب در هوا به حداکثر مقدار بخار آبی که می‌تواند در آن دما در هوا نگه داشته شود. در رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد، هوا اشباع از رطوبت شده است. برای اغلب بخش‌های مراکز درمانی، شرایط آسایش رطوبتی ۳۰ تا ۶۰ درصد تعیین شده است. در صورتی که سطح رطوبت نسبی بیش از ۶۰ درصد باشد شرایط رطوبتی

به گونه‌ای خواهد بود که عدم آسایش را به دنبال خواهد داشت و رشد قارچ‌ها را تسریع خواهد کرد.

### رطوبت‌گیری

اگر رطوبت به اندازه کافی توسط سیستم تهویه مطبوع کنترل نشود، این امر می‌تواند منجر به یک فاجعه در خصوص رشد قابل توجه قارچ‌ها و بایوآئروسول‌هایی از این دست شود. رطوبت‌گیری معمولاً به واسطه سرد کردن هوا تا زیر نقطه شبنم انجام می‌شود. نقطه شبنم دمایی است که آب موجود در هوا در فشار ثابت بارومتریک با همان سرعت تبخیر، تقطیر می‌شود. در دمای پایین‌تر از این دما، بخشی از آب موجود در هوا تقطیر خواهد شد تا دوباره به حالت تعادل برسد. آب تقطیر شده چنانچه بر روی سطح جامدی تشکیل شود شبنم نامیده می‌شود.

کویل سرمایش باید توانایی تحویل دادن هوا به یک نقطه شبنم کمتر از ۵۵ درجه فارنهایت را داشته باشد تا بتواند رطوبت اضافه را جذب نماید. در شرایطی که کنترل رطوبت تنها به وسیله سرمایش انجام می‌شود، بایستی کویل سرمایش با ردیف بالاتری را در نظر گرفت. که این امر منجر به افزایش سطح تماس کویل می‌شود که به دنبال آن، افزایش افت فشار و افزایش قدرت هواکش را در پی خواهد داشت. اگر روند عملیات به سطح بالاتری از رطوبت‌گیری نیاز داشته باشد این عمل فقط با رطوبت‌گیری کویل سرمایش حاصل نمی‌شود، در اینجا لازم است از یک ماده جاذب رطوبت نیز استفاده شود. برای مثال اگر لازم باشد اتاق عمل در شرایط دمای خشک ۶۰ درجه فارنهایت و رطوبت نسبی ۵۵ نگهداری شود، در نتیجه آب سرد موجود در کویل سرمایش با دمای ۵۰ تا ۵۲ درجه فارنهایت، به تنهایی نمی‌تواند میزان رطوبت‌گیری مورد نیاز را تأمین کند. در این شرایط یا باید از یک ماده رطوبت‌گیر در سیستم سرمایش استفاده کرد و یا از یک چیلر با دمای پایین.

## فیلتراسیون

تمامی هوایی که وارد سیستم‌های فرآوری هوا می‌شوند تا اندازه‌ای آلوده هستند. به‌طور معمول عقیده بر این است که ذرات هوا بردی که اندازه آن‌ها بیشتر از ۵ میکرون است تمایل دارند به‌سرعت بر روی سطوح افقی ته‌نشین شوند. ذرات هوا بردی که اندازه آن‌ها کمتر از ۵ میکرون است (مخصوصاً اندازه کمتر از ۲ میکرون) تمایل دارند به‌کندی ته‌نشین شوند و برای مدت زیادی در هوا معلق باشند. به‌طور کلی ۵ روش فیلتراسیون وجود دارد:

۱- **عبور از صافی:** زمانی که ذرات موجود در هوا بزرگ‌تر از روزه‌های بین الیاف فیلتر هستند، این ذرات عبور داده نمی‌شوند. در این حالت فیلتراسیون کارایی کمی دارد.

۲- **برخورد:** ذرات با الیاف فیلتر برخورد کرده و به آن می‌چسبند. این الیاف ممکن است با یک ماده چسبنده پوشیده شده باشند. در این حالت فیلتراسیون کارایی کمی دارد.

۳- **گیر انداختن:** ذرات وارد فیلتر شده و در آن گیر افتاده و به الیاف فیلتر می‌چسبند. در این حالت فیلتراسیون کارایی متوسطی دارد.

۴- **انشار:** ذرات کوچک که به‌طور نامنظم حرکت می‌کنند به الیاف فیلتر برخورد کرده و به آن می‌چسبند. کارایی فیلتراسیون در این حالت بالاست.

۵- **الکترواستاتیک:** ذرات که دارای بار الکترواستاتیک منفی هستند به الیاف فیلتر که دارای بار مثبت هستند جذب می‌شوند. در این حالت فیلتراسیون کارایی بالایی دارد. بر اساس استاندارد ASHRAE 52.1 تمامی فضاهای عمومی مراکز درمانی نیازمند دو مرحله فیلتراسیون هوا می‌باشند. در مرحله اول یک پیش-فیلتر با راندمان ۳۰ درصد و در مرحله دوم فیلتراسیون با راندمان ۹۰ درصد به‌عنوان فیلتر نهایی. مشروط بر آنکه فیلتر نهایی به‌طور مناسبی نصب و نگهداری شود.

### فیلترهای با کارایی بالا (فیلترهای هپا)

حداقل کارایی اولیه فیلترهای هپا ۹۷.۹۹



شکل ۶. فیلتر هپا

- فیلترهای هپا پس از نصب و هر ۶ ماه یک‌بار می‌بایست به‌منظور تأیید کارایی موردنیاز مورد ارزیابی و سنجش قرار گیرند. میزان افت فشار فیلترهای هپا بایستی به‌طور منظم توسط مانومتر اندازه‌گیری شود.

- به‌منظور افزایش عمر فیلتر هپا و کاهش هزینه‌های جایگزینی مداوم آن، توصیه می‌شود که قبل از این فیلترها از پیش-فیلتر استفاده شود. مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از پیش-فیلتر با کارایی کم، قبل از فیلتر هپا می‌تواند عمر فیلتر هپا را ۲۵ درصد افزایش دهد درحالی‌که استفاده از فیلترهای متوسط با کارایی بالاتر نظیر فیلتر MERV-14 که دارای راندمان حدود ۹۵ درصد است، به‌عنوان پیش فیلتر، عمر فیلتر هپا را تا ۹۰۰ درصد افزایش می‌دهد. این روش که فیلتراسیون پیش-رو نامیده می‌شود، باعث می‌شود که فیلتر هپا در مراکز درمانی و مراقبتی ویژه به مدت ۱۰ سال و یا حتی بیشتر استفاده شوند و نیاز به تعویض نداشته باشند. البته لازم به ذکر است که برای به حداقل رساندن خطر مواجهه با مواد عفونی، تعویض فیلترهای هپا، نیازمند رعایت اصول بهداشتی خاصی است.

درصد برای فیلتراسیون ذرات با اندازه ۰.۳ میکرون است. این اندازه یک نقطه بحرانی است زیرا این فیلتر برای دفع کپک و باکتری‌های هوا بردی کاربرد دارد که معمولاً در اندازه‌ی بین ۱ تا ۵ میکرون هستند، و همچنین برای زدودن ذرات ویروسی در این محدوده از اندازه. هر فیلتر هپا به‌طور منحصربه‌فردی در کارخانه به‌منظور پیروی عملکردش از این استاندارد، سنجش می‌شود.

### نگهداری فیلترهای هپا

کارایی فیلتراسیون، بستگی به میزان تراکم فیلترها دارد و هرچه تراکم‌تر بودن فیلترها نیز افت فشار زیادی را در سیستم تهویه به دنبال خواهد داشت. مگر این‌که این افت فشار به‌وسیله فن‌های قوی و با کارایی بالا جبران شود و جریان هوا بتواند برقرار شود. وقتی که از فیلتر هپا به‌منظور کنترل عفونت استفاده می‌شود، داشتن یک برنامه نگهداری مناسب ضروری است. به‌منظور عملکرد بهینه فیلتراسیون، موارد زیر دارای اهمیت است:

- فیلترهای هپا به‌گونه‌ای در تجهیزات مربوطه نصب شوند که کاملاً درزبندی شده باشند و امکان عبور هوا از کناره‌های قاب فیلتر وجود نداشته باشد.



## تأثیر راهبری و تعمیر سیستم تهویه مطبوع در کنترل عفونت

هرگونه نقص در هر یک از اجزاء سیستم‌های تهویه مطبوع ممکن است منجر به عدم آسایش بیماران و کارکنان و گسترش میکروارگانیسم‌های هوابرد شود. فقط در زمانی که از فضاها استفاده نمی‌شود، جریان هوا می‌تواند کاهش یابد. میکروارگانیسم‌ها در محل‌هایی که هوا، گردوغبار و آب موجود است می‌توانند تکثیر یابند و سیستم‌های تهویه می‌تواند یکی از محیط‌های ایده‌آل برای رشد میکروب‌ها باشند. نگهداری صحیح سیستم‌های تهویه مطبوع و پایش آن باعث تأمین کیفیت هوای مطلوب و کاهش شرایط مطلوب رشد و تکثیر پاتوژن‌ها در بیمارستان‌ها می‌شود. پایش عملکرد سیستم‌های تهویه شامل: تعیین اختلاف فشار ۲ طرف فیلتر، بازرسی مداوم فیلترها، آزمایش فیلترهای هپا با استفاده از اکتیل فتالات، کارایی فیلترهای با کارایی کم و متوسط و استفاده از مانومتر برای مناطق با فشار مثبت و منفی و تطابق آن با استاندارد است. بیمارستان باید دارای برنامه اقدام مناسب برای وضعیت اختلال در سیستم‌های تهویه مطبوع باشد. این طرح عملیاتی شامل برق اضطراری است که سیستم تهویه را در بخش‌های با خطر بالا (به‌عنوان مثال اتاق‌های عمل، اتاق‌های دارای فشار مثبت و منفی، بخش مراقبت‌های ویژه، بخش پیوند، سرطان) روشن نگه می‌دارد. برق اضطراری باید در کمتر از ۱۰ ثانیه متصل شود. در صورتی که سیستم تهویه از سیستم خارج شود، باعث راکد شدن هوای داخل شده بنابراین باید زمان کافی برای فراهم نمودن هوای تمیز و استقرار دوباره هوای تمیز و تعداد مناسب تعویض هوا در ساعت به سیستم تهویه مطبوع داده شود. و حتی فیلترهای هوا به علت فعال‌سازی مجدد سیستم می‌تواند باعث بیرون راندن مقدار قابل‌توجهی گردوغبار و ایجاد یک شیوع از اسپورهای قارچی در بیمارستان

شود، بنابراین در این مواقع فیلترها نیز باید تعویض شوند. تمیز کردن کانال هوا در بیمارستان باعث افزایش عملکرد سیستم می‌شود، اما برای کنترل عفونت فاقد مزیت خاصی است. تمیز کردن کانال‌ها نیاز به ابزار ویژه برای خارج کردن خاک‌ها و یک تمیزکننده با قدرت مکش بالا برای حذف خاک‌ها دارد. در بعضی موارد به منظور کاهش رشد قارچ‌ها و پیشگیری از انتشار مواد معلق در سطوح داخلی کانال‌ها از ماد شیمیایی میکروب‌کش یا درزگیر استفاده شود. استفاده از گندزداها یا ضدعفونی‌کننده برای سطوح داخلی کانال‌ها مورد تأیید سازمان‌های نظیر سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا نیست. که دلیل آن‌ها نیز عدم اختصاصی بودن این محصولات جهت کاربرد در سیستم تهویه است.

### ملاحظات عمومی در ارزیابی و پایش سیستم تهویه بیمارستان

تمامی سیستم‌های تهویه باید به‌طور سالانه به‌منظور اطمینان از انطباق با حداقل الزامات، بازرسی شوند که از جمله اهداف ارزیابی و پایش سالانه سیستم تهویه عبارت‌اند از: سیستم تهویه مورد استفاده در بیمارستان برای اهداف موردنظر و فراهم نمودن استانداردها همچنان مناسب است یا خیر؟ پیشگیری و کنترل مخاطرات ارگانیسم‌های بالقوه هوابرد از جمله لژیونلا - Legionella و خطرات دیگر توسط سیستم تهویه موجود امکان‌پذیر است یا خیر؟ دسترسی به سیستم تهویه همچنان ایمن و آسان است. باید برای اطمینان از اینکه سیستم تهویه خطری برای کارکنان و بیماران ایجاد نمی‌کند فعالیت‌های بازرسی و نگهداری، انجام شود. نکات مهم که باید در بازرسی و پایش سیستم‌های تهویه در بیمارستان مدنظر قرار گیرند عبارت‌اند از:

- سیستم تأمین هوا نباید حاوی هیچ‌گونه ماده یا اجزایی باشد که باعث تقویت رشد میکروارگانیسم‌ها شود.

- دستگاه تأمین هوا نباید حاوی هیچ‌گونه ماده یا اجزایی باشد که باعث ایجاد و افزایش آتش شود.  
- تمام درب‌ها باید به‌طور کامل بسته‌شده و بدون درز باشند.  
- نقاط ورودی و خروجی نباید در محلی قرار داده شود که باعث کاهش کیفیت هوای ورودی به داخل سیستم شود. در اکثر سیستم‌های موجود مورد استفاده در بیمارستان‌ها باید این محل قرارگیری ورودی و خروجی اصلاح شود.  
- برای جلوگیری از ورود حشرات موذی باید در داخل کانال ورودی و خروجی از یک مش با منافذ ۶ الی ۱۲ میلی‌متر استفاده شود.

فیلترها باید به‌طور مطمئن نصب شوند.  
- نصب فیلتر باید به‌گونه‌ای باشد که دسترسی آسان به فیلتر برای پاک‌سازی، حذف یا جایگزینی را فراهم نماید.  
- واحدهای تأمین هوا باید از دسترسی‌های غیرمجاز محافظت شوند.

- واحدهای قرارگرفته بر روی پشت‌بام باید مسیر دسترسی دائمی و ایمن داشته باشند.  
- تمامی سیستم‌های تهویه باید حداقل یک‌بار در ماه توسط کارشناس مهندسی بهداشت محیط بیمارستان با اهداف زیر بازرسی بصری شود:

◆ آیا سیستم تهویه هنوز مورد نیاز است یا خیر؟

◆ آیا دستگاه تأمین‌کننده هوا هنوز دارای حداقل استانداردها است یا خیر؟

◆ آیا روش بهره‌برداری از سیستم رضایت‌بخش است؟

### برخی از منابع

- الزامات، دستورالعمل‌ها و رهنمودهای تخصصی مرکز سلامت محیط و کار، راهنمای سیستم تهویه در بیمارستان، مرکز سلامت محیط و کار، پژوهشکده محیط‌زیست، دکتر عباس شاهشونی

مدرس، " تعیین میزان کمی، توزیع اندازه‌ای و نقش ضد عفونی بر روی بیوآیروسول‌ها در اتاق‌های جراحی یکی از بیمارستان‌های تهران"، علی داداش پور آهنگر.

- علیرضا عبدالهی، هم‌زمانی عفونت‌های بیمارستانی با میکروب‌های هوای بخش‌های بیمارستان، مجله علوم آزمایشگاهی.

- مجتبی تقی زاده، آلودگی هوای بخش‌های مهم بیمارستان آیت‌الله روحانی شهرستان بابل به مخمر، مجله نوین سلامت

-WHO Guidelines, Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings HVAC Design for Healthcare Facilities. 2010.

بیوآیروسول‌های قارچی و ذرات معلق هوای داخل و آزاد بیمارستان‌های آموزشی-درمانی شهر خرم‌آباد، مجله سلامت و محیط‌زیست.

- ثنا شاکری، احمد نیک‌پی، بررسی شاخص کیفیت هوا در بخش‌های داخلی بیمارستان بوعلی سینای قزوین، مجله دانشگاه علوم پزشکی قزوین

- محمدرضا جعفری، تعیین اثربخشی حالات مختلف سامانه تهویه بر کاهش میزان مواجهه شغلی کارکنان درمانی با بیوآیروسول‌ها، مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای

- کتاب راهنمای ارزیابی بیوآیروسول‌ها در محیط کار، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، مرکز سلامت محیط کار.

- پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته بهداشت حرفه‌ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت

- اصول مهندسی تهویه در بیمارستان، دکتر علی کریمی.

- فرناز والدینی اصل، صادق حضرتی، بررسی نوع و تراکم بیوآیروسول‌های قارچی در هوای داخل بیمارستان‌های امام خمینی (ره) و علوی شهر اردبیل در سال 1394، دو ماهنامه سلامت و کار ایران، خرداد و تیر 96

- محمدرضا مسعودی‌نژاد، علی فحری، بررسی بیوآیروسول‌های قارچی در بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان طالقانی با دو روش پلیت‌گذاری و بیوآیروسول-متری، مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها

- علیرضا چوبینه، بررسی نوع و تراکم بیوآیروسول‌ها در هوای بیمارستان‌های منتخب آموزشی وابسته به دانشگاه علوم پزشکی شیراز، اصغر سپه‌وند، یوسف امیدی، بررسی

## کتابخانه تخصصی مهندسی پزشکی ایران

@Biomedical\_eBook



● اولین و معتبرترین کتابخانه تخصصی مجازی مهندسی پزشکی در کشور با ۲۰۰۰ عضو فعال

● دسترسی آزاد به بیش از ۱۵۰ کتاب کاربردی و روز دنیا در کلیه گرایش‌های مهندسی پزشکی تنها با یک جست‌وجوی ساده

● پاسخگویی کمتر از ۲۴ ساعت به درخواست کتاب. فقط نام کتاب و نویسنده مورد نظر را ارسال کنید و کتاب را رایگان از کانال دانلود کنید.

● استفاده از نام کانال در بسیاری از مقالات علمی-پژوهشی و فنی به عنوان مرجع اصلی. کتاب‌ها به همراه شناسنامه در کانال بارگذاری می‌شوند تا استعلام کتاب برای متقاضی آسان بوده و از اصالت و عدم تحریف آن مطمئن شود.

با مجوز رسمی وزارت ارشاد (کد شامد): ۱-۱-۲۹۷۶۵۹-۶۱-۴