بسم الله الرحمن الرحیم

سازمان مجری ساختمانها و تاسیسات
دولتی و عمومی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

گزارش نهایی

دستورالعمل طراحی، اجرا و بهره‌برداری از سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع در بیمارستان‌ها و مراکز درمانی عمومی با تأکید بر تنوع آب و هوایی ایران

کارفرما:

سازمان مجری ساختمانها و تاسیسات دولتی و عمومی

مجری:

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مرداد ۱۳۹۳

پیشگفتار

سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع بیمارستانها و مراکز درمانی، دارای ویژگی‌های خاص و منحصر به فردی است و باید دانش کافی در زمینه طراحی و اجرای این سیستمها وجود داشته باشد.

شرایط طرح محیط داخل این فضاها باید به گونه‌ای باشد که هم کارفرما (صاحب بیمارستان) و هم کاربر(بیماران و کارکنان) از آن راضی باشند. الزامات خاصی برای طراحی فضاهای بیمارستانی وجود دارد. حدود مجاز دما، رطوبت و فشار قابل تنظیم محیط داخل، تصفیه هوای داخل اتاق، میزان هوای بازگردانی شده و تاثیر مشخصات عملکردی سیستم تعویض هوا از جمله این الزامات است. همچنین بیماری‌های موجود در این ساختمان‌ها، شامل عوامل بیماری‌زای عفونی است که از طریق هوا منتقل می‌شوند (عفونت هوابرد) و کنترل و دفع این خطر نوعی چالش برای بیمارستان‌ها محسوب می‌شود، علاوه بر موارد فوق، شرایط متنوع آب و هوایی کشور به پیچیدگی طراحی و اجرای سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع در این مراکز می‌افزاید.

بر این اساس و برای رسیدن به این هدف، الزامات سیستمهای مورد نیاز در بیمارستانها و مراکز درمانی مورد بررسی قرار گرفته و منجر به تدوین این دستورالعمل شده است تا پاسخگوی بخش قابل توجهی از مشکلات جامعه مهندسی در این زمینه باشد.

تدوین‌کنندگان این دستورالعمل از کلیه فعالان و صاحب‌نظران بخش ساختمان انتظار دارند با ارائه نظرات و پیشنهادهای خود، آنان را در رسیدن به اهداف مورد نظر یاری نمایند.

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

۱ کلیات ۳

۱-۱ مقدمه ۳

۱-۲ هدف ٤

۱-۳ مخاطبان این دستورالعمل ٤

۱-٤ مرور کلی مطالب این دستورالعمل ٥

۲ واژه شناسی ۹

۲-۱ مقدمه ۹

۲-۲ واژه ها ۹

۳ تشریح بخشهای درمانی ۳۱

۳-۱ مقدمه- مراکز درمانی ۳۱

۳-۲ بخشهای مراقبت بیماران ۳۳

۳-۳ مراکز تشخیص و درمان بیماری ۳۷

۳-٤ بخش جراحی ٤٦

۳-٥ فضاهای اداری ٤۷

۳-٦ خدمات پشتیبانی ٥۰

۴ مروری بر سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع در ساختمانهای درمانی.. ٥٥

٤-۱ مقدمه ٥٥

٤-۲ عفونت و خطرات ایمنی ٥۷

٤-۳ کنترل آلاینده ها ٦۱

٤-٤ حدود و دامنه مشخصه های عملکردی ٦٦

٤-٥ افزایش کارایی تجهیزات انرژی بر و هزینه عملکرد سیستم ۷۲

٤-٦ اندازه گذاری تجهیزات بر اساس بار گرمایشی و سرمایشی ٧٣
٤-٧ کیفیت تعویض هوا و هوای محیط بیرون ٧٦
٤-٨ کنترل شرایط محیطی ٧٩
٤-٩ بهداشت در سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع ٨٢
٤-١٠ انعطاف پذیری تاسیسات به منظور امکان تغییر در آینده ٨٣
٤-١١ طراحی هماهنگ سیستم تاسیسات ساختمانی ٨٣

٥ سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع ٨٥

٥-١ مقدمه ٨٥
٥-٢ سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع ٨٦
٥-٣ سیستم‌های هوایی ٨٩
٥-٤ سیستم های آبی-هوایی ١٠٠
٥-٥ سیستم های آبی ١٠٦
٥-٦ سیستم های تهویه مطبوع تبریدی مستقل ١٠٩

٦ تاسیسات سرمایشی ١١٥

٦-١ مقدمه ١١٥
٦-٢ ملاحظات طراحی ١١٦
٦-٣ بهینه سازی راندمان انرژی ١٢٧
٦-٤ سیستم‌های توزیع آب خنک ١٢٩
٦-٥ تجهیزات و ابزار کنترلی در تأسیسات سرمایشی ١٣٤
٦-٦ راه اندازی و تحویل ١٣٥
٦-٧ تجهیزات سرمایشی برای کلینیک‌ها ١٣٦

٦ سیستم‌های گرمایشی فضا و فرایند ١٣٧

٧-١ کلیات ١٣٧

۷-۲ ملاحظات تأسیسات گرمایشی ۱۳۹
۷-۳ ویژگی‌های تجهیزات گرمایشی ۱۴۳
۷-۴ تجهیزات گرمایشی پایانه‌ای ۱۴۸
۷-۵ سیستم‌های لوله کشی ۱۴۸
۷-۶ سیستم‌های آب مصرفی ۱۵۰
۷-۷ رطوبت زنی و استریل سازی ۱۵۳
۸ هواساز و سیستم توزیع هوا ۱۶۵
۸-۱ مقدمه ۱۶۵
۸-۲ طراحی کلی ۱۶۵
۸-۳ مفروضات اصلی طراحی هواساز ۱۶۶
۸-۴ گزینه های هواساز ۱۸۰
۸-۵ کانال کشی ۱۸۴
۸-۶ واحدهای پایانه ۱۸۷
۸-۷ توزیع هوا در فضاهای داخلی ۱۸۹
۸-۸ ملاحظات آکوستیکی ۱۹۱
۸-۹ سیستم های دسیکنت ۱۹۳
۹ کنترل ها و کاربرد ابزار دقیق ۱۹۵
۹-۱ مقدمه ۱۹۵
۹-۲ ویژگی ها و مشخصات روش های کنترل ۱۹۶
۹-۳ کنترل سیستم تنظیم فشار و تامین هوای تازه ۱۹۸
۹-۴ معیار RDP برای اتاقهای ایزوله و فضاهای مشابه ۲۰۰
۹-۵ کنترل اتاق عمل ۲۰۱
۹-۶ کنترل آزمایشگاه ۲۰۲

۹-۷ مراحل کلی کنترل مورد استفاده در مراکز درمانی ۲۰۳
۹-۸ کنترل تجهیزات ایمنی ۲۰۵
۹-۹ کنترل های سیستم DX ۲۰۷
۹-۱۰ مثالهایی برای استراتژی‌های کنترلی ۲۰۷
۱۰ ظوابط طراحی اتاق ها ۲۲۹
۱۰-۱ اطلاعات کلی ۲۲۹
۱۰-۲ معیارهای طراحی اتاق های بیمارستانی ۲۲۹
۱۱ تعمیر و نگهداری ۲۴۳
۱۱-۱ مقدمه ۲۴۳
۱۱-۲ نگهداری ۲۴۴
۱۱-۳ ابزار نگهداری مدرن ۲۴۸
۱۱-٤ بهره برداری ۲۵۵
۱۱-۵ الزامات ساخت و ساز برای بهره برداری مناسب ۲۵۶
۱۱-٦ نکات نگهداری ویژه برای سیستمها و تجهیزات تاسیساتی ۲۶۶
۱۱-۷ پذیرش ساختمان ۲۶۷
۱۲ پذیرش ۲۶۹
۱۲-۱ مقدمه ۲۶۹
۱۲-۲ مسئول پذیرش ۲۷۰
۱۲-۳ فرایند پذیرش ۲۷۲
۱۲-٤ مستندسازی ۲۷۷
۱۲-۵ وجه اشتراک فرایند پذیرش و ساختوساز ۲۸۳
۱۲-٦ هزینه ها، نتایج و مزایا ۲۸۶
۱۲-۷ جمع بندی ۲۹۰

۱۳ تاثیر شرایط آب و هوایی ۲۹۱
۱۳-۱ مقدمه ۲۹۱
۱۳-۲ محاسبه بار گرمایی و سرمایی ۲۹۱
۱۳-۳ انتخاب سیستم سرمایشی ۲۹۳
۱۳-٤ محافظت در برابر یخ زدگی ۲۹۵
۱۳-٥ سختی گیری آب ۲۹۷
۱۳-٦ مصرف بهینه انرژی ۳۰۰
پیوست الف: محاسبه بار ساختمان و گرمای تولیدی تجهیزات ۳۰۷
الف-۱ مقدمه ۳۰۷
الف-۲ دمای طرح خارج و داخل ۳۰۷
الف-۳ بارهای طراحی ۳۰۸
الف-٤ تنوع و زمانبندی ۳۱۰
الف-٥ جریان هوا ۳۱۰
الف-٦ بالانس هوا ۳۱۱
الف-۷ تعیین ظرفیت تجهیزات گرمایش، تعویض هوا و تهویهمطبوع ۳۱۱
پیوست ب: موارد مربوط به کیفیت برق ۳۱۳
ب-۱ برق اضطراری ۳۱۳
ب-۲ محرک‌های فرکانس متغیر ۳۱٦
پیوست پ: شرایط محیط بیرون در طراحی سیستمهای حرارتی و تهویه مطبوع ۳۱۹
مراجع ۳۵۳

فهرست شکلها

عنوان **شماره صفحه**

شکل۵-۱ شمای کلی سیستم هواساز ۹۰
شکل۵-۲ شمای کلی سیستم حجم ثابت با پایانه بازگرمایشی ۹۲
شکل۵-۳ شمای کلی سیستم حجم متغیر با پایانه بازگرمایشی ۹۳
شکل۵-۴ شمای کلی سیستم حجم ثابت یا حجم متغیر از نوع دو کاناله ۹۶
شکل۵-۵ شمای کلی سیستم دو کانالی با دو فن ۹۷
شکل۵-۶ شمای کلی سیستم دو کاناله تک فن..... ۹۷
شکل۵-۷ شمای کلی سیستم چند منطقه ای ۹۹
شکل۵-۸ شمای کلی سیستم القایی آبی-هوایی..... ۱۰۱
شکل۵-۹ نمای یک فن کویل سقفی (ترکیب هوای ورودی با هوای بازگردانی)..... ۱۰۴
شکل۵-۱۰ انواع لوله کشی فن کویل..... ۱۰۵
شکل۵-۱۱ سیستم تابشی محیطی ۱۰۷
شکل۶-۱ تاسیسات سرمایش مرکزی..... ۱۲۰
شکل۶-۲ شمایی از یک سیستم سرمایی از نوع چیلر آبی جریان ثابت..... ۱۳۰
شکل۶-۳ شمای سیستم سرمایشی چیلر آبی جریان اولیه با کویلهای جریان متغیر..... ۱۳۲
شکل۶-۴ شمای سیستم سرمایشی چیلر آبی جریان متغیر اولیه/ثانویه ۱۳۴
شکل۷-۱ شمای کلی از یک سیستم تأسیسات گرمایشی از نوع بخار ۱۳۸
شکل۷-۲ اسمز، فشار اسمزی و اسمز معکوس ۱۵۶
شکل۸-۱ سیفون کندانس برای کویل های در معرض فشار منفی ۱۷۳
شکل۸-۲ سیفون کندانس برای کویل های در معرض فشار مثبت..... ۱۷۴
شکل۸-۳ رطوبت زن بخار با چندین ردیف پاشش ۱۷۸
شکل۸-۴ یک چرخ دسیکنت متداول ۱۹۴
شکل۹-۱ مراحل کار یک هواساز با ۱۰۰٪ هوای تازه با فن تخلیه و بازیافت آبی ۲۰۸
شکل۹-۲ مراحل کار یک هواساز با ۱۰۰٪ هوای تازه، فن تخلیه و بازیافت آبی ۲۱۳
شکل۹-۳ مراحل کار یک هواساز با فن برگشت و اکونومایزر..... ۲۲۱
شکل۱۱-۱ نمونه آنالیز ارتعاشی برای یک چیلر ۲۴۹
شکل۱۱-۲ روند ارتعاش یک چیلر..... ۲۵۰
شکل۱۳-۱ پهنه بندی ایران برای استفاده از انواع سیستمهای سرمایشی..... ۲۹۴
شکل۱۳-۲ فناوریهای بازیافت حرارتی هوا به هوا..... ۳۰۳

فهرست جداول

عنوان **شماره صفحه**

جدول ۴-۱ الزامات تهویه و تعویض هوا برای بخشهای مختلف بیمارستان..... ۶۷
جدول ۵-۱ طبقه بندی سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع..... ۸۷
جدول ۵-۲ کاربری انواع سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی ۸۸
جدول ۶-۱ نرخ بازده انرژی انواع چیلرهای آبی..... ۱۲۵
جدول ۷-۱ محدوده مجاز برای آمین های FDA..... ۱۶۰
جدول ۱۲-۱ مزایای فرایند پذیرش ۲۸۸
جدول ۱۲-۲ مزایای فرایند پذیرش در رابطه با آسایش حرارتی ۲۸۸
جدول ۱۲-۳ مزایای پذیرش در رابطه با کیفیت هوای داخل..... ۲۸۸
جدول ۱۳-۱ سختی آب برای شهرهای مختلف ایران..... ۲۹۸

چکیده

هدف این دستورالعمل، فراهم نمودن یک منبع جامع برای طراحی، نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری از سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع برای بیمارستان‌ها و کلینیک‌های درمانی بوده تا آسایش محیطی، کنترل عوامل عفونی، ایمنی، صرفه‌جویی انرژی و شرایط مناسب تعمیر و نگهداری تامین شود.

بر این اساس پس از تشریح عملکرد بخش‌های درمانی، الزامات اساسی در این مراکز شامل کنترل بیمارهای عفونی، آلودگی‌های غیرعفونی هوابرد، کیفیت هوا، میزان تعویض هوا، ارتباطات فشاری بین فضاهای مختلف (میزان فشار مثبت یا فشار منفی بودن اتاق ها)، دمای خشک و رطوبت نسبی، تصفیه هوا، مراحل طراحی، اطمینان از عملکرد سیستم‌ها و تجهیزات، میزان صدا و لرزش، و اطمینان از کیفیت طراحی مهندسی مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه، سیستمهای سرمایی و گرمایی برای این مراکز تشریح شده و شرایط و الزامات خاص این سیستمها مورد توجه قرار گرفته است. پس از آن، سیستم‌های هواساز و شبکه توزیع هوا به تفصیل بیان شده است. یک بخش از دستورالعمل مختص به سیستم‌ها و تجهیزات کنترلی می‌باشد که در آن، ابزار کنترلی که در تاسیسات بیمارستانی به کار می‌رود تشریح شده است. در ادامه با توجه به شرایط خاص فضاهای داخلی بیمارستانها، طراحی سیستم تعویض هوا برای این فضاها، حرکت هوا مابین این فضاها، رقیق‌سازی و حذف عفونت‌های هوابرد و بو و در نهایت نحوه حفظ شرایط دمایی و رطوبتی مورد نیاز برای هر فضا بیان شده است. در ادامه، شرایط ویژه تعمیر و نگهداری بیمارستانها با توجه به حساسیت کارکرد این مراکز مورد توجه قرار گرفته و فرایند پذیرش تاسیسات ساختمان تشریح شده است و در نهایت برخی الزامات خاص سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع بیمارستانها بر اساس تنوع شرایط آب و هوایی کشور مورد بررسی قرار گرفته است.

۱ کلیات

۱-۱ مقدمه

طراحی سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع برای بیمارستان‌ها و کلینیک-های درمانی در حوزه فعالیت مهندسان تاسیسات مکانیکی ساختمان است. از جمله فعالیت-های تخصصی مهندسان در طراحی تاسیسات ساختمان‌های درمانی می‌توان به طراحی، انتخاب و نصب تجهیزات تصفیه هوا با کارایی بالا برای اتاق‌های عمل و همچنین تنظیم فشار در مکان‌های مختلف اشاره نمود که در طراحی مناسب سیستم گرمایش، تعویض هوا و تهویه مطبوع در ساختمان‌های درمانی بسیار مهم و حیاتی به نظر می‌رسد.

طراحی بخش‌های درمانی دارای ویژگی‌های خاص و منحصر به فردی است که باید دانش کافی در این زمینه وجود داشته باشد. شرایط طرح محیط داخل این فضاها به گونه‌ای باشد که هم کارفرما (صاحب بیمارستان) و هم کاربر(بیماران و کارکنان) از آن راضی باشند.

الزامات خاصی برای طراحی اتاق‌های عمل وجود دارد. الزامات گرمایش، تعویض هوا و تهویه مطبوع برای اتاق‌های عمل(جراحی) شامل حدود مجاز دما، رطوبت و فشار قابل تنظیم فضای داخلی، تصفیه هوای داخل اتاق، میزان هوای بازگردانی شده و تاثیر مشخصات عملکردی سیستم تعویض هوا از آن جمله می باشد.

تجهیزات درمانی باید از مواد پرخطر دور باشند. مواجهه با پاک‌کننده‌های شیمیایی قوی، عوامل بیماری‌زای مسری و باقیمانده‌های دارویی از جمله این مخاطرات هستند.

بیماری‌های موجود در این ساختمان‌ها، شامل عوامل بیماری‌زای عفونی بوده که از طریق هوا منتقل میشوند(عفونت هوابرد) که کنترل و دفع این خطر نوعی چالش برای بیمارستان‌ها محسوب می‌شود، چرا که باید در این ساختمان‌ها بیماران از میکروب‌های محیطی نظیر لژیونلا و آسپرژیلوس دور باشند. این دستورالعمل بهترین و مطلوب‌ترین راه برای طراحی و نگهداری سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع این فضاها را تشریح می‌کند.

بصورت خلاصه می‌توان بیان نمود که یک سیستم گرمایش، تعویض هوا و تهویه مطبوع مناسب باید بتواند موجب کاهش انتقال عوامل عفونی هوابرد شامل ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و دیگر عوامل زنده خطرناک (بیوآئروسل‌ها[۱]) از محیطی به محیط دیگر بشود. هم-چنین این‌گونه سیستم‌ها باید کمترین اثر سوء زیست محیطی را داشته باشد.

۱-۲ هدف

هدف این دستورالعمل، فراهم نمودن یک منبع جامع برای طراحی، نصب و راه اندازی سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع برای بیمارستان‌ها و کلینیک‌های درمانی بوده و شامل موارد زیر است:

- آسایش محیطی
- کنترل عوامل عفونی
- صرفه جویی در مصرف انرژی
- ایمنی
- تعمیر و نگهداری

این دستورالعمل، یک راهنما در راستای انتخاب، نصب و نگهداری سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع برای بیمارستان‌ها و کلینیک‌های درمانی و دیگر امکانات درمانی بوده تا بدین وسیله، خلاء ناشی از نبود منابع مربوط به سیستم های تهویه مطبوع در بیمارستان‌ها پر شود.

۱-۳ مخاطبان این دستورالعمل

مخاطبان این دستورالعمل، افرادی با دانش و تجربه در حیطه مسائل زیر می‌باشند:

---

[۱] Bioaerosol

- مهندسان طراح بیمارستانی که دانش و تجربه کار در این حوزه را داشته باشند.
- مدیران تاسیسات و تجهیزات بیمارستانی
- کارکنان متخصص در کنترل بیماری های عفونی
- کارمندان تعمیر و نگهداری تاسیسات
- پیمانکاران
- مالکان
- کارکنان ساختمان
- ماموران صدور گواهینامه‌ها و استانداردهای درمانی و ...

پیمانکاران، کارمندان ساختمان و مالکین می‌توانند از این دستورالعمل جهت آشناییشان با این مسئله البته با دیدگاه تکنیکی و سیستم‌های مکانیکی در تاسیسات پزشکی استفاده نمایند.

۱-۴ مرور کلی مطالب این دستورالعمل

سیستم گرمایش، تعویض هوا و تهویه مطبوع بیمارستان‌ها و کلینیک های درمانی دارای الزامات خاصی است که دلیل آن هم به ماهیت اصلی این ساختمانها و همچنین بیمارانی باز می‌گردد که در آن واحد درمانی حضور دارند. طراحی بایستی سیستم تعویض هوایی را فراهم نماید که مواجهه با عوامل خطرزا برای سلامتی انسان را به حداقل رسانده و یک محیط کاری دارای آسایش حرارتی را فراهم نماید. سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی بایستی هواسازی و تعویض هوا را به نحوی فراهم نماید که مواجهه مراجعه-کنندگان با مواد خطرناک را به حداقل برسانند.

در این دستورالعمل به تاسیسات مکانیکی بیمارستان‌ها، بخش‌های تخصصی پرستاری و مراکز جراحی بیماران (مراکز جراحی اورژانسی) پرداخته می‌شود.

فصل ۲ به بحث واژه شناسی می‌پردازد. این بخش شامل تعاریف علمی و تشریح تک‌تک مفاهیمی است که برای فعالیت در این زمینه ضروری می‌باشد.

فصل ۳ به تشریح عملکرد بخش‌های درمانی می‌پردازد.

مبحث اصلی فصل ٤، مروری بر نقش سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع بخش سلامت و درمان است. این فصل به معرفی و خلاصه‌سازی طراحی تهویه مطبوع و

روش‌شناسی آن پرداخته که به خصوص در طراحی بیمارستان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. البته دیدگاه طراحی که در فصل٤ تبیین می‌شود، در دیگر قسمت‌های این دستورالعمل به صورت مبسوط تشریح خواهد شد. موضوعاتی که در این فصل معرفی می شوند شامل کنترل بیمارهای عفونی، آلودگی‌های غیرعفونی هوابرد، کیفیت هوا، تهویه هوای بیرون، میزان تعویض هوا، ارتباطات فشاری بین فضاهای مختلف(میزان فشار مثبت یا فشار منفی بودن اتاق ها)، دمای خشک و رطوبت نسبی، تصفیه هوا، مقررات ملی، مراحل طراحی، اطمینان از عملکرد سیستم ها و تجهیزات، صرفه جویی در مصرف انرژی، میزان صدا و لرزش، هزینه بازه زمان عملکردی، اطمینان از کیفیت طراحی مهندسی و ... می‌باشد.

در فصل ٥، سیستم های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی (HVAC) بیان می‌شود. این فصل به بحث در مورد اینگونه سیستم‌ها و کاربردهایش می‌پردازد. بیمارستان‌ها نیازمند سیستمی مرکزی برای فراهم آوردن الزامات مربوط به تصفیه و کنترل رطوبت می باشند. باید خاطر نشان نمود که در فضاهای درمانی، سیستم های هوایی از نوع حجم ثابت، متداول است.

فصل ٦، به تاسیسات سرمایشی می‌پردازد. در واقع مروری کلی است بر دیدگاه‌هایی که هر طراح باید در هنگام طراحی سیستم سرمایی و تاسیسات مربوط یک بیمارستان بداند. در این بخش انواع سیستم‌های سرمایی، ملاحظات طراحی و انتخاب و الزامات وابسته به آن بیان می‌گردد.

فصل ۷، نظری دقیق به فرایند سیستم‌های گرمایی در بیمارستان می‌اندازد که باید در طراحی مورد مراعات قرار گیرد. انواع سیستم‌ها، ملاحظات و الزامات مربوط به این دسته از سیستم‌ها در این بخش مورد مطالعه قرار می‌گیرد. همچنین مواردی چون نحوه رطوبت زنی و استریل با بخار، خوردگی و طرز عمل مواد شیمیایی مورد استفاده که بر کارایی سیستم و سلامت افراد تاثیر دارد از جمله مسایلی است که در این فصل مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

در فصل ۸، سیستم‌های هواساز و شبکه توزیع هوا به تفصیل بیان می‌گردد. در این فصل ملاحظاتی که باید در طراحی سیستمهای هوایی مد نظر قرار گیرد، بیان می‌گردد تا سیستم مذکور دارای نصبی صحیح، نگهداری و سرویسی راحت، آلودگی صوتی ناچیز و حداقل ذرات و پراکنش میکروبی باشد.

فصل ۹، مختص به سیستم‌ها و تجهیزات کنترلی می‌باشد. این فصل، آن دسته از ابزار کنترلی که در تاسیسات بیمارستانی به کار می‌رود را تشریح می‌کند.

در فصل ۱۰، نحوه طراحی اتاق‌های بیمارستانی بیان می‌شود. طراحی سیستم تعویض هوا برای فضاهای مختلف بیمارستانی، حرکت هوا مابین این فضاها، رقیق‌سازی و حذف عفونت‌های هوابرد و بو و در نهایت نحوه حفظ شرایط دمایی و رطوبتی مورد نیاز برای هر فضا به دقت مورد بررسی قرار می‌گیرد. اطلاعاتی نظیر انواع دریچه‌های هوا، محل قرارگیری آن‌ها، میزان انرژی گرمایی یا سرمایی که هر دریچه می‌تواند حمل کند، مقدار دبی هوا، نحوه کنترل شرایط محیط داخل در کاربری‌های مختلف، نحوه کنترل عفونت و... از جمله مواردی است که در این فصل به آن‌ها پرداخته خواهد شد.

همچنین در این فصل بیان خواهد شد که اندازه و شکل اتاق، نوع خدمات درمانی که در اتاق به انجام می‌رسد، تجهیزات داخل اتاق، انسان‌ها، نور و الزامات کنترلی عفونت در این فضاها که در فصل سوم بیان شد، در اندرکنش با مواردی است که در این فصل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

در فصل ۱۱، تعمیر و نگهداری تاسیسات بیمارستان و کلینیک بیان می‌شود. بدیهی است تاسیسات مکانیکی بیمارستانی بسیار مهم‌تر و حساس‌تر از تاسیسات مکانیکی ساختمان-های با کاربری‌های دیگر است. نگهداری تاسیسات ساختمانی به دو شکل کلی است. برخی از مالکان ترجیح می‌دهند که کارکنان تاسیسات به صورت کامل در اختیار ساختمان باشند. حال آن‌که برخی دیگر از مالکان ترجیح می‌دهند حداقل نیروهای تاسیساتی را داشته باشند و با یک شرکت تاسیساتی قراردادی ببندند تا در صورت بروز مشکل جدی بتوانند از خدمات آن شرکت بهره‌مند گردند. در هر کدام از این روش‌ها، کلیه خدمات تعمیراتی، آموزشی، اصلاح و تغییرات و ارتقاء سیستم تاسیساتی باید توسط کارکنان و مسئولان نگهداری تاسیسات بیمارستانی مدون شود. در این بخش برخی دیدگاه‌ها و استراتژی‌ها به-منظور مدیریت تاسیسات در راستای کاهش هزینه‌های نگهداری تاسیسات بیمارستانی مورد بحث قرار می‌گیرد.

فصل ۱۲، به مقوله تحویل تاسیسات ساختمانی به مالک و نحوه انجام آزمون‌هایی مربوط می‌شود که اطمینان از عملکرد کلیه سیستم‌های تاسیساتی را فراهم می‌آورد. چرا که اطمینان از درستی عملکرد سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی در ساختمان-های با کاربری درمانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در فصل ۱۳، با توجه به شرایط اقلیمی ایران، تاثیر شرایط آب و هوایی در طراحی و

اجرای سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مراکز درمانی مورد بررسی قرار می‌گیرد و الزامات و نکات مربوط بیان می‌شود.

در قسمت انتهایی این دستورالعمل، دو پیوست قرار دارد که مطالعه آن برای درک بهتر موارد مندرج در این دستورالعمل بسیار مفید و ضروری است.

در پیوست الف، روند محاسباتی مربوط به بارهای گرمایی و سرمایی مربوط به بخش های درمانی و تجهیزات مربوط می‌پردازد. البته قصد این پیوست آن نیست که به نحوه محاسبه متداول بارهای سرمایی و گرمایی بپردازد. بلکه می‌خواهد دیدگاه ویژه ای در زمینه تخمین بار سرمایی و گرمایی بخشهای بیمارستانی و تجهیزات و وسایل بیمارستانی بیان کند. چرا که بسیاری از این وسایل گرما زا هستند و باید گرمای آزاد شده از آنها به نحوی از فضای مربوط خارج شود. این امر بر بار سرمایی ساختمان می‌افزاید و بر عملکرد سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی اثر می‌گذارد و نوع و میزان ویژه ای از نرخ تعویض هوا را طلب میکند.

پیوست ب، کیفیت برق ساختمانی مورد بحث قرار می‌گیرد. هر بیمارستانی به دلیل آنکه باید کارکردی مدام داشته باشد، لازم است دارای ژنراتورهای برق اضطراری در مواقع قطع شبکه برق شهری باشد. در اینجاست که انتخاب نوع سیستم ژنراتور اضطراری و اندازه آن اهمیت ویژه‌ای مییابد. همچنین شبکه اصلی برق بیمارستان باید تا حد ممکن قابل اطمینان باشد.

در پیوست پ، شرایط طراحی محیط بیرون برای شهرهای مختلف ایران در حالتهای زمستانی و تابستانی آورده شده است.

۲ واژه شناسی

۲-۱ مقدمه

هدف این فصل، تعریف دقیق واژه‌ها و اصطلاحات مطرح در طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان‌ها و ساختمان‌های مربوط به سلامت و درمان می‌باشد. برخی از واژه هایی که به صورت گسترده در صنعت تاسیسات مکانیکی استفاده می‌شوند، معنی متفاوتی نسبت به کاربرد آنها در حیطه سلامت و درمان و پزشکی دارند.

۲-۲ واژه ها

عمر هوا

مدت زمانی که هوا در یک فضا سپری می‌کند و باقی می‌ماند. هوای وارد شده به هر قسمت اتاق، مخلوطی از هوای تازه و بازگردانی شده است. میزان تازگی هوا در یک نقطه مشخص توسط مشخصه "عمر هوا" تعیین می‌گردد.

تعداد دفعات تعویض هوا

تعداد دفعات تعویض هوا از تقسیم دبی هوا بر حجم فضای ساختمانی مورد نظر حاصل می‌گردد. به‌صورت متداول از آن به عنوان میزان تعویض هوا در ساعت یاد می‌شود.

هوای رفت سیستم‌های تهویه مطبوع فضاهای عمومی

هوای رفت یک سیستم تهویه مطبوع که منحصرا فضاهای غیر درمانی یک ساختمان درمانی را تغذیه می‌کند. این مکان‌ها شامل دفاتر کار، فضای موتورخانه، کارگاه‌های آموزشی، اتاق‌های استراحت، آشپزخانه‌ها، رستوران‌ها، کافی‌شاپ‌ها، فروشگاه‌ها، لابی‌ها، اتاق‌های انتظار و کمدهای مخصوص کارمندان می‌باشد.

سیستم تمیز کننده هوا

یک وسیله یا ترکیبی از چند وسیله که برای کاهش غلظت آلاینده‌های هوابرد استفاده می‌شود. از جمله این آلودگی‌ها می‌توان به میکروارگانیزم‌ها، گرد و خاک، انواع بخارات و گازهای شیمیایی و دیگر ذرات موجود در هوا اشاره نمود. به‌عنوان نمونه‌هایی از این وسایل تمیزکننده هوا می‌توان به فیلتر در هواساز یا کانال و وسایل قابل حمل یا ثابتی اشاره نمود که آلاینده‌های هوابرد را توسط بازگردانی هوا از بین می برند (از طریق فیلتر هپا[۱]).

فرایند تهویه مطبوع هوا

در مکان‌های بسته، فرایندی ترکیبی بر روی هواست تا بتوان به کنترل توامان دما، رطوبت نسبی، سرعت حرکت و میزان انرژی گرمایی تابشی پرداخت به نحوی که ذرات آلاینده هوابرد موجود و گازهای آلوده حذف شود.

سیستم تهویه مطبوع

مجموعه‌ای از تجهیزات تاسیساتی است که موجب فراهم آوردن هوایی می‌شود که به‌طور همزمان و توامان شرایط مناسب دما، رطوبت، تمیزی و توزیع هوا را به‌وجود آورده و کنترل می‌کند.

آلودگی‌های محرک در هوا

مواد شیمیایی فرار یا ذرات موجود در هوا که در تماس با مخاط، در چشم، بینی یا گلو باعث عکس العمل فیزیولوژیکی بدن می‌شود.

هوای تخلیه

---

[۱] HEPA

هوایی که از داخل ساختمان توسط مکانیزم تهویه طبیعی یا مکانیکی به محیط خارج تخلیه می شود.

هوای جبرانی

درصدی از هوای بیرون که به منظور جبران هوای تخلیه‌ای در نظر گرفته می‌شود و در نهایت با هوای بازگردانی ترکیب می‌شود.

هوای محیط بیرون

۱) هوای بیرون ساختمان یا هوایی که از بیرون گرفته می‌شود و قبلا در سیستم تهویه مطبوعی گردش نداشته است.
۲) هوای جو یا محیط که به‌واسطه سیستم تعویض هوا، یا از طریق بازشوها بر اساس تهویه طبیعی یا به‌دلیل نفوذ (از طریق درزهای ساختمان) وارد محیط داخلی می-شود.

هوای بازگردانی شده (برگشتی)

سهمی از هوا که از فضای داخلی خارج می‌شود و پس از ترکیب با هوای جبرانی مجددا به عنوان هوای رفت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر در بیمارستانهای ایران به طور کلی از هوای برگشتی استفاده نمی‌شود با این وجود با رعایت استانداردهای مربوط و استفاده از کنترل‌های مناسب این امکان وجود دارد.

هوای رفت

هوایی که توسط تهویه طبیعی و مکانیکی به یک فضای مشخص حمل شده که شامل هوای بیرون، هوای بازگردانی شده یا هوای انتقالی می‌باشد.

ریز قطره‌های هوابرد

ذرات کوچک ۵ میکرومتری یا کوچک‌تر حاصل از قطرات تبخیر شده که محتوی میکروارگانیزم می‌باشد. این ذرات می‌تواند در هوا معلق بوده و توسط جریانات هوا در اتاق یا حتی در مسافت‌های طولانی‌تر به طور وسیعی پراکنده گردد. ریز قطره‌های هوابرد می-

تواند در بخار آب موجود در هوا وجود داشته باشد. به طور عمومی ذرات کوچکتر از ۵ میکرومتر پس از بخار شدن به قطری حدود ۱۵۰ میکرومتر تبدیل می شوند. برخی از این ذرات بسته به منشاء قطرات می‌تواند عفونی باشد.

اتاق ایزوله عفونت هوابرد[۱] (AII)

اتاقی است که به‌صورت فشار منفی طراحی شده تا بیماران و افرادی که بیرون از اتاق هستند از گسترش میکروارگانیزم‌ها (که از طریق ریز قطره‌های هوابرد انتشار می‌یابد.) محافظت شوند. در واقع در این اتاق، فقط بیماران داخل اتاق در معرض این عفونت‌ها می-باشند و تحت درمان مشخص قرار می‌گیرند و بیماری به فضاهای دیگر انتقال نمی‌یابد. از جمله عفونت‌ها و بیماری‌های هوابرد متداول می‌توان از سرخچه یا سرخک، سل و آبله مرغان نام برد. بیمارانی که مشکوک به داشتن چنین علائمی‌اند در این اتاقها با تهویه خاص نگه‌داری شده تا به جداسازی ذرات میکروبی مزبور از بدنشان کمک شود. شرایط این اتاقها و روش کنترل فشار و جریان هوا به طور کامل در فصل دهم شرح داده شده است.

عوامل عفونت هوابرد

ذرات هوابردی که می‌تواند سبب عفونت گردد. انتقال هوابرد از طریق پراکنش ریز قطره-های هوابرد یا بواسطه انتشار ذرات گرد و غباری بوجود می‌آید که محتوی عوامل عفونی است. به هر صورت میکروارگانیزم‌ها به صورت گسترده‌ای توسط جریان هوا پراکنده شده و ممکن است توسط یک میزبان در همان اتاق یا در فاصله‌ای دورتر از منبع بیماری تنفس شوند. به همین دلیل تعویض هوا جهت ممانعت از انتقال عوامل عفونی و میکروبی ضروری است.

پاتوژن (عامل بیماری‌زای) هوابرد

یک ذره هوابرد که می‌تواند سبب ایجاد بیماری گردد. پاتوژن‌های هوابرد، ارگانیزم‌های عفونی یا شیمیایی بوده که می‌تواند بیماری را در میزبان مستعد ایجاد کند. این واژه ممکن است برای عوامل میکروسکوپی که سبب آزار دستگاه تنفسی می‌شوند و قارچ‌های سمی و عوامی حساسیت‌زا نیز بکار برده شود. ویروس‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و آزبست‌ها از جمله پاتوژن‌های دستگاه تنفسی به شمار می‌روند. قارچ‌ها و برخی باکتری‌ها به‌خصوص

---

[۱] Airborne Infection Isolation room

اکتینومایسس‌ها به شکل هاگ ظاهر و منتشر می‌شوند. هاگ‌ها(با منشاء قارچی یا باکتریایی) می‌توانند به صورت هوابرد باشند و بسیار دیده می‌شود که در این شکل در برابر عامل نابود کننده عفونت بسیار مقاوم هستند. هاگ‌ها بیشترین عامل بیماری محسوب می‌شوند.

پیش‌اتاق (اتاق فاصل)

اتاقی است که یک اتاق ایزوله را از یک راهرو جدا می کند.

اتاق ایزوله برای بیمارانی طراحی می‌شود که هم دچار عفونت شده‌اند و هم قدرت ایمنی بدنشان کاهش یافته است. تعویض هوای این اتاق به صورتی است که اثرات ناشی از گسترش بیماری‌های میکروبی را به حداقل می‌رساند. این عمل با نصب درهای کمکی و تعویض هوای مناسب در آن صورت می‌گیرد به‌نحوی که می‌تواند بیمار را از بیماری‌های هوابرد معمول محافظت نماید.

ضد عفونی

شرایطی که در آن، محیط عاری از هر گونه عامل میکروبی و عفونت بوده و کاملا استریل باشد.

ذرات معلق زنده

ذرات یا قطرات معلق در هوا بوده که شامل مواد بیولوژیکی نظیر باکتری‌ها، گرده گیاهان، قارچ‌ها، ویروس‌ها و غیره می‌باشد. در طبقه بندی ذرات معلق زنده مواردی چون میکروارگانیزم های قابل پرورش، غیر قابل پرورش و میکروارگانیزم های مرده نیز قرار می‌گیرند. همچنین شامل اجزاء، سموم و تولیدات دفعی خاص همه گونه‌های زنده می‌باشد. ذرات زنده معلق همه جا در طبیعت یافت. همه افراد مکررا در معرض انواع مختلف این مواد قرار می گیرند. قطر بیوآئروسل ها از ۰/۰۱میکرومتر تا ۱۰۰ میکرومتر متغیر است.

اتاق های زایمان

اتاق های زایمان در بیمارستان‌های امروزی به‌صورت یک اتاق بیمار انفرادی مخصوص در نظر گرفته می‌شود. این فضا، LDR (علامت اختصاری درد زایمان–وضع حمل–بازیابی بیمار) نامیده می‌شود. اگر بیمار تا زمان ترخیص در این اتاق باقی بماند، این فضا به نام

LDRP (درد زایمان-وضع حمل-بازیابی-پس از وضع حمل) شناخته می‌شود. این اتاق‌ها برای شرایط زایمان طبیعی و غیر پیچیده مناسب به نظر می‌رسد. در صورتی که در حین مرحله درد زایمان تمهیداتی لازم باشد، بیمار به اتاق وضع حمل منتقل می‌شود.

هوای نفوذی به داخل ساختمان

بخش غیر کنترل نشت هوا (ممکن است محتوی بخار آب باشد) که از طریق شکاف‌های هر ساختمان به عنوان مثال از طریق پنجره ها و درهای ساختمان وارد می‌شود. این بخش متاثر از بادها و اختلاف چگالی هوا در داخل و بیرون اتاق است. این هوا ممکن است حاوی عفونت هوابرد باشد.

سی تی اسکن

این دستگاه توسط تحلیل کامپیوتری از اشعه های X که در جهات مختلف تابانده می-شود، تصاویری از بدن در مقاطع عمود بر بدن می‌دهد.

بخار تمیز

بخاری که برای رطوبت دهی و/یا استریل کردن و بدون هیچ افزودنی شیمیایی تولید می‌شود.

ذرات آلاینده

به هر گونه ناخالصی، یا هر ماده‌ای با منشاء طبیعی اطلاق می‌شود که از جمله این ذرات میتوان به مواد شیمیایی و دارویی یا عوامل عفونی اشاره نمود.

آلاینده هوابرد

هر گونه ماده هوابرد ناخواسته ای که موجب کاهش کیفیت هوا شود را گویند.

آلودگی

به عمل آلوده کردن محیط یا اجزاء استریل شده از طریق اجرام بیماری‌زا یا مواد عفونی اطلاق می‌شود. مقدار عفونت از رابطه زیر بدست می‌آید [مرجع ۱ صفحه ۸]:

سطح دفاعی بدن میزبان/ (زمان *توانایی بوجود آوردن بیماری آن عفونت *غلظت ماده عفونی)= عفونت

غلظت ذرات آلاینده (در هوا) ابتدا به آلوده کردن بافت زنده و سپس تشکیل کلونی و در

نهایت عفونت و بروز بیماری منجر می‌شود.

کنترل (در حیطه سیستمهای گرمایی، تعویض هوا، تهویه مطبوع و تبرید)

۱) وسیله‌ای جهت تنظیم کل سیستم یا اجزاء آن در حالت عملکرد معمولی که به صورت دستی یا خودکار می‌باشد.

۲) روش‌ها و وسایلی که نقش راهبر هر دستگاه، ماشین یا سیستم را به عهده دارد. در صورتی که کنترل به صورت خودکار باشد، دلالت بر این دارد که کنترل به تغییرات فشار، دما یا دیگر مشخصه ها نسبت به حدود تنظیمی آنها حساس بوده و دستور مشخصی را برای راهبری دستگاه اعمال می‌کند.

کنترل(در حیطه بهداشت صنعتی)

روش یا روش‌های جداسازی یا حذف مواد خطرناک از محل کار می‌باشد. در حذف ذرات آلاینده، واژه کنترل در بهداشت صنعتی برای توصیف روش‌های به کار گرفته شده بکار می‌رود(به عنوان مثال جداسازی یا حذف پاتوژن‌های خطرناک از محیط کار). عموما برای کنترل از نوع بهداشت صنعتی سه دیدگاه به صورت تنهایی یا ترکیبی وجود دارد:

۱) کنترل‌های مدیریتی (به عنوان مثال: برنامه ریزی برای کاهش خطرات).

۲) کنترل‌های مهندسی (به عنوان مثال: طراحی سیستم تعویض هوا).

۳) تجهیزات حفاظتی شخصی (به عنوان مثال: ماسک صورت برای کارگران).

کنترل(در حیطه پزشکی)

روش ریشه کنی یا از بین رفتن مرحله بیماری(درمان یا میزان سلامت عمومی) را گویند.

راهرو

راهروها به سه صورت در بیمارستان وجود دارد:

۱) راهرو ورودی به ساختمان

۲) راهرو عمومی: راهرویی که بیماران بستری شده در بیمارستان استفاده نمی‌کنند.

۳) راهروی بیماران: راهروی منتهی به اتاق‌های بیماران که توسط افراد بیمار مورد

استفاده قرار می‌گیرد.

سیستوسکوپی

آزمایشات مربوط به مثانه که توسط ابزاری به نام سیستوسکوپ انجام می‌شود. این وسیله از طریق مجرای ادرار، وارد بدن بیمار می‌شود. عمل سیستوسکوپی می‌تواند در اتاق جراحی، اتاق سیستوسکوپی یا تخت بیمار انجام شود.

اتاق وضع حمل

اتاقی شبیه به اتاق عمل عمومی است. اتاق‌های وضع حمل برای سزارین یا زایمانهای پیچیده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شرایط طراحی

به مقادیر میزان تعویض هوا، دما و رطوبت داخل سیستم گفته می‌شود تا بواسطه کار سیستم تهویه مطبوعی، هوایی مطبوع حاصل گردد. لازم به ذکر است که نرخ تصفیه هوا نیز به عنوان شرایط طراحی باید ملحوظ گردد.

تشخیص بیماری

فرایند معاینه، بررسی سابقه بیماری، بررسی‌های بالینی و ارزیابی آزمایشگاهی که از آن طریق، طبیعت بیماری و منشاء آن تعیین می‌شود.

کلینیک تشخیص بیماری

کلینیک تشخیص بیماری در واقع دارای امکاناتی است که بیمار به طور منظم جهت سرویس‌های تشخیصی یا درمان‌های جزئی مورد بررسی قرار می‌گیرد. اما برای درمان‌های جدی نظیر درمان با مواد بیهوشی و عمل‌های جراحی مناسب نیست.

دیالیز

یک روش، جهت تنظیم سطوح یونی و شیمیایی در خون می باشد(فرایندی که به صورت طبیعی در کلیه انجام می‌شود). در خلال دیالیز، خون بیمار به دستگاه دیالیز وارد شده و پس از تصفیه به روش اسمزی، مجددا به بدن بیمار بر می‌گردد.

آندوسکوپی

این واژه عموما به معنی مشاهده حفره‌های عمومی و ساختار داخلی بدن از طریق وسایل نوری می‌باشد.

بخش آندوسکوپی

محیطی که در آن عمل آندوسکوپی صورت می‌گیرد. البته برخی از عمل‌های آندوسکوپی خاص نیازمند بیهوشی و یک اتاق عمل یا اتاق آندوسکوپی برای بیهوش کردن بیمار است.

همه گیر شناسی(علم امراض مسری)

به مطالعه پراکنش و تشخیص بیماری اطلاق می‌شود. این دانش محدود به بیماری‌های عفونی نمی‌شود و همه بیماری‌های مربوط به انسان نظیر سرطان و بیماری های سوخت و ساز بدن را نیز در بر می‌گیرد.

تجهیزات پزشکی

تجهیزاتی که به فرایندهای پزشکی یا فعالیت های مربوط به آن تعلق دارد. از جمله مثال-های مربوط به تجهیزات در بخش‌های مختلف می‌توان به دستگاه‌های موجود در رادیولوژی تشخیصی، رادیولوژی درمانی، آزمایشگاه‌های کلینیکی، داروخانه، بخش مدیریتی، مرحله استریل کردن مرکزی، اورژانس و جراحی با لیزر اشاره نمود.

اتاق‌های معاینه (اورژانس)

اتاق‌های معاینه یا اتاق‌های درمان، مکان‌هایی‌اند که برای درمان‌های اورژانسی نظیر شکستگی استخوان، پارگی‌ها، وجود جسم خارجی در بدن و آسیب‌های مغزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اتاق‌های معاینه، خدماتی را برای درمان صدمات یا بیماری و در نهایت ترخیص بیمار فراهم می‌کند. همچنین ممکن است در این اتاق‌ها، بیماران برای مشاهدات و درمان‌های بیشتر به عنوان یک بیمار بستری در بیمارستان آماده شوند.

نفوذ هوا به بیرون

نشتی هوا به بیرون ساختمان از طریق شکاف‌ها و درزهای موجود در سقف‌ها، کف

زمین و دیوارهای یک فضا یا ساختمان را گویند.

کلینیک اورژانسی سرپایی

تجهیزات اورژانسی جداگانه‌ای که در یک ساختمان مجزا از بیمارستان قرار گرفته است. کلینیک اورژانسی سرپایی امکاناتی برای معاینه موقت بیماران تا مرحله ترخیص بیماران یا انتقال بیماران به بیمارستان را فراهم می‌کند. این بخش نیازمند امکاناتی نظیر وسایل حمل و نقل مخصوص است.

خون شناسی

مطالعات مربوط به خون و بافت های خونی و مشکلات ایجاد شده در ارتباط با آن را گویند.

فیلتر هپا

فیلتری با بازدهی بالا در زمینه جداسازی ذرات معلق موجود در هوا می‌باشد. فیلتر هپا[۱] عمل تصفیه هوا را با بازدهی ۹۹/۹۷ درصد انجام می دهد. همچنین می تواند ذرات بزرگتر از ۰/۳۰ میکرون را تصفیه نماید. در فصل٤ در بخش ٤-۳-۲ مطالبی در خصوص کارایی این فیلتر بیان شده است.

بیمارستان

مکانی جهت درمان بیماری است که در محل مناسبی واقع شده، ساخته شده، تجهیز شده، سازمان دهی شده، مدیریت شده و نیروی انسانی آن تامین شده تا بتواند به صورتی علمی، اقتصادی، کارا و بدون هیچگونه اختلالی خدمات شایسته‌ای را در زمینه های مختلف معاینه، تشخیص و درمان بیماران جسمی و روحی ارائه نماید. هر بیمارستان باید به امکانات شبانه‌روزی مجهز شود تا بتواند جراحی اورژانسی را حتی در شرایط بحرانی به انجام رساند. همچنین بیمارستان دارای آزمایشگاه‌ها و خدمات پشتیبان ضروری است که در داخل ساختمان بیمارستان واقع است. یک بیمارستان باید دارای فضایی مناسب جهت بستری شدن بیماران نیز باشد.

---

[۱] HEPA (High-Efficiency Particulate Air)

میزبان ضعیف

در این شخص، سیستم ایمنی توسط یک بیماری (مثل بیماری ایدز) یا درمانی پزشکی (نظیر شیمی درمانی) ضعیف شده است.

کیفیت هوای محیط داخل

مشخصات هوا در یک فضای بسته که بر روی افراد حاضر در آن فضا تاثیر می‌گذارد. کیفیت هوای داخل محیط بر اساس میزان سطح آلودگی هوای داخل و دیگر خصوصیات هوایی نظیر دمای هوا، رطوبت نسبی و سرعت جریان هوا تعیین می‌گردد. تاثیر کیفیت هوای داخل بر سلامت و درمان بیماری‌ها بسیار قابل توجه است. در فضاهای درمانی، کیفیت هوای داخل باید به گونه‌ای باشد که میزان عفونت هوابرد از محدوده مجاز تجاوز ننماید.

یک سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع بایستی:

۱) با فرایند تعویض هوا، میزان مناسبی از هوای محیط بیرون به محیط داخل تغذیه گردد تا آلودگی‌ها رقیق شود.
۲) ذرات آلاینده هوابرد را کاهش دهد که این عمل با بازگردانی بخشی از هوای تهویه ای از طریق تصفیه کردن مواد آلاینده انجام می شود.
۳) جریان هوای مناسبی را برای بخش‌های خاص نظیر اتاق‌های عمل فراهم آورد.

بهداشت صنعتی

علم و هنر پیش‌بینی، شناخت، ارزیابی و کنترل مشخصه‌های محیطی یا تنش هایی است که در/یا از محیط کار ایجاد شده و می‌تواند سبب بیماری، عدم سلامت یا عدم راحتی افراد گردد و همچنین مانع بازدهی مناسب کارگران یا افراد است.

نفوذ هوا به داخل

نشت هوا از بیرون به محیط داخل از طریق شکاف‌ها یا درزهای موجود در سقف، کف و دیوارهای یک ساختمان می‌باشد.

اتاق‌های مراقبت ویژه

اتاق‌هایی است که در آن سطح سلامت و پایش الکترونیکی بیمار به طور چشمگیری

نسبت به اتاق‌های معمولی بیماران زیادتر است. امروزه مکان‌هایی نظیر آی‌سی‌یو بسیار تخصصی شده است. شاخه‌ها و تقسیم‌بندی معمول آن شامل بخش مراقبت‌های ویژه جراحی (SICU[1])، بخش مراقبت‌های ویژه پزشکی (MICU[2])، بخش مراقبت‌های قلبی و بخش مراقبت‌های بعد از بیهوشی(PACU[4]) می‌باشد.

روش تشخیصی تهاجمی

در این دستورالعمل، این عبارت به معنی وارد کردن وسیله‌ای به داخل بدن از طریق پوست یا مخرج است که جهت تشخیص یا درمان بیماری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آزمایشگاه

مکانی است که به تجهیزات مربوط به انجام آزمون‌ها و آزمایشات مختلف مجهز شده و فرایندهای تحقیقاتی در آن به انجام می‌رسد. همچنین در آن به آماده‌سازی معرف‌ها پرداخته شده و فعالیت‌هایی در زمینه درمان‌های شیمیایی و پرتویی انجام می‌شود. آزمایشگاه‌های اصلی شامل آزمایشگاه شیمی، خون‌شناسی، میکروب‌شناسی و بافت‌شناسی می‌باشد. آزمایشگاه‌های زیادی نیز می‌تواند به‌عنوان آزمایشگاه فرعی جهت انجام فعالیت‌های خاص وجود داشته باشد. در فصل۳، بخش ۳-۳-٦ در این مورد به تفصیل بحث شده است.

تخلیه کننده موضعی[5]

وظیفه تخلیه‌کننده‌های موضعی، تخلیه هوا به نحوی است که موجب دفع آلاینده‌های هوابرد یا گرمای نزدیک به منبع اصلی تولید آن(عفونت یا گرما) می‌باشد.

گازهای پزشکی

اکسیژن، نیتروژن، مونوکسید نیتروژن، هوای با فشار کمتر از فشار اتمسفر (وکیوم) و هوای فشرده شده پزشکی و گازهای مربوط به بیهوشی از گازهای مهم مورد استفاده در بیمارستان‌ها و حرفه پزشکی می‌باشند.

---

[1] Surgical lntensive Care Unit
[2] Medical Intensive Care Unit
[3] Cardiac Care Unit
[4] Post-Anesthesia Care Unit
5 Local exhaust

عمل جراحی کوچک

مفهوم عمل جراحی کوچک در جراحی کلاسیک، آن است که در جراحی به اجزای داخلی بدن وارد نشده یا شیئی دائمی در بدن کار گذاشته نشود.

ام‌آرآی(تصویربرداری رزونانسی مغناطیسی)

تصویربرداری بدن که با اندازه‌گیری تغییرات در میزان رزونانس انرژی در یک میدان مغناطیسی بزرگ انجام می‌شود. دستگاه ام‌آرآی که در اتاقی به همین نام قرار دارد، از یک میدان مغناطیسی، اتاقک دستگاه و میز قرارگیری بیمار تشکیل شده است. نیازهای برقی و دیگر نیازهای مربوط به این فضا در فصل ۱۰ قابل مشاهده است.

مایکوزیس

به هر بیماری که توسط عامل قارچی ایجاد شود، اطلاق می‌گردد.

عفونت نوزوکومیال[1]

عفونت ناشی از بیمارستان که ممکن است به صورت نهفته باشد و به عنوان عفونت‌های ناشی از بیمارستان شناخته می‌شود.

بخش پرستاری شبانه روزی: بخش بیماران آماده جراحی یا دارای مشکلات پزشکی حاد

بخش‌های متشکل از اتاق‌های مراقبت بیمار که شامل تخت‌های بیمار دارای امکانات سلامت و درمان به‌روز می‌باشد. این اتاق‌ها به دو تخت بیمار محدود می‌شود (اتاق های نیمه خصوصی). اگرچه برخی از این اتاق‌ها تنها دارای یک تخت نیز می باشد که اتاق‌های خصوصی اطلاق می‌گردد. هر اتاق بیمار بایستی دارای سرویس بهداشتی مجزا در داخل باشد. این اتاق‌ها غالبا دارای امکانات مربوط به شستن دست نیز است. در اتاق‌های نیمه خصوصی یک پرده، تخت‌ها را از هم جدا می‌کند. همه اتاق‌ها بایستی یک پنجره رو به بیرون داشته باشند که لازم است با یک ضامن یا کلید قابل باز و بسته شدن باشد. این بخش به صورت استاندارد، شامل تقریبا ۳۰ تخت می‌باشد.

[1] Nosocomial infection

بخش پرستاری شبانه‌روزی: بخش مراقبت های ویژه (ICU):

بخش‌های مراقبت ویژه، بیمارانی با بیماریهای جدی را پوشش داده و حداکثر خدمات مراقبتی به ایشان داده می‌شود. این بخش، یکی از بهترین بخش‌ها در بیمارستان از نظر نیروی انسانی و فنآوری موجود در بیمارستان می‌باشد. بخش‌های مراقبت ویژه نیازمند فضا و تجهیزات خاص می‌باشد. البته بدیهی است که همه بیمارستان‌ها دارای همه انواع امکانات لازم نیستند. برخی از این بیمارستان‌ها دارای یک بخش چند منظوره در این رابطه هستند ولی برخی دیگر از بیمارستانها ممکن است دارای بخش‌های تخصصی و جدا از هم در این رابطه باشند. مثال‌هایی از این مراقبت‌های ویژه تخصصی شامل بخش عصب‌شناسی، سوختگی و بریدگی، بخش مربوط به جراحی و ... است.

بخش پرستاری شبانه‌روزی: بخش بیماران تخصصی

چه یک بیمارستان تخصصی مستقل و چه یک بخش از بخش‌های داخل بیمارستان می-باشد که به‌منظور درمان و مراقبت تخصصی سازمان‌دهی شده و در آن فعالیت‌های کلینیکی خاصی به انجام می‌رسد. بیشتر این بخش‌ها شبیه به بخش پرستاری استاندارد و معمولی بوده اما طراحی خاصی در آنها صورت گرفته تا بتوان تعداد قابل ملاحظه‌ای بیمار را در آن بخش درمان نمود. به عنوان مثال در یک بخش پرستاری مربوط به سالمندان، روشنایی بایستی افزایش یابد، موانع فیزیکی برداشته شود تا فضای لازم برای استفاده از ویلچر فراهم باشد. همچنین در این بخش باید نرده‌هایی روی دیوار جهت کمک به حرکت بیماران سالمندان تعبیه گردد. نکته دیگر افزایش نرخ تعویض هواست تا بدین طریق بوی محیط به راحتی از بین برود.

از جمله دیگر بخش های تخصصی در این رابطه می‌توان به بخش توانبخشی، آلزایمر، بخش مربوط به ایدز، بخش مربوط به بیماران روانی و بخش سم زدایی(مسمومیت زدایی) اشاره نمود.

فضای اشغال شده

یک مکان بسته برای فعالیت‌های انسانی است. البته این تعریف شامل فضاهایی نظیر انبار لوازم و تجهیزات که معمولا برای زمان کوتاهی انسان در آنها حضور دارد، نمی‌شود.

اتاق عمل

اتاقی است که اختصاصا برای انجام جراحی طراحی شده است. در مفهوم عادی این بدان معنا است که اغلب انواع جراحی‌ها به خصوص آن دسته از جراحی‌ها که همراه با بیهوشی، حضور کادر جراحی با تخصص‌های گوناگون می‌باشد در آن انجام می‌شود. محیط این اتاقها کاملا کنترل شده و به اتاق بازیابی سلامت بیمار (ریکاوری) دسترسی دارند.

اتاق‌های عمل(اتاق‌های مربوط به پیوند قلب)

اتاقی عمل جهت انجام عمل قلب باز و جراحی پیوند قلب می‌باشد. این اتاق شبیه به اتاق عمل معمولی است با این تفاوت که فضای بزرگتری دارد.

اتاق‌های عمل(جراحی مغز)

اتاق عملی جهت جراحی‌های مغز یا جراحی‌های وابسته به ستون فقرات محسوب می-شود. این اتاق دارای میکروسکوپ‌ها و نمایشگرهایی است که از سقف آویزان است. حضور این تجهیزات آویزان از سقف نباید در گردش مناسب هوا در محیط خللی ایجاد کند.

بخش جراحی سرپایی

بخشی برای جراحی است که در این نوع جراحی نیازی به بستری شدن بیمار حتی برای یک شب نمی‌باشد(نظیر جراحی دندان). برنامه عملکردی برای بخش جراحی سرپایی با جزئیات کامل از نقطه نظر نوع کادر انسانی، نوع بیمار، مدت زمان جراحی، ارتباط بین فضای قرارگیری و عملکرد این دستگاه‌ها، الزامات مربوط به انتقال بیمار و سایر خدمات توصیف شده است. در صورتی که ساختمان مربوط به جراحی، بخشی از بیمارستان خدمات درمانی اورژانسی یا دیگر بخش های پزشکی باشد، ممکن است خدمات عمومی بیمارستان به‌گونه‌ای به اشتراک گذاشته شود تا امکانات خاص و ویژه موجود در بیمارستان به حداقل ممکن برسد.

بخش‌های مراقبت بیمار

بخش‌های مراقبت بیمار به بخش‌های اطلاق می‌شود که به صورت ۲٤ ساعته وسایل و امکانات مراقبت‌های مربوط به بیماران را فراهم می‌کند. ۳ نوع بخش خاص جهت مراقبت بیماران وجود دارد. هر کدام از آن‌ها راهکارهای مراقبتی یکسانی دارند و شامل اتاق یا مکان

مراقبت بیمار بوده و همه امکانات لازم جهت خدمات خاص به بیماران را نیز پوشش می‌دهد.

اتاق‌های بیمار

معمولا اتاق‌های بیمار برای مراقبت بیمار جهت بهبودی شامل مشاهده بیمار و تشخیص روند بیماری در نظر گرفته می‌شوند. اتاق‌ها معمولا در یک بخش مجزا واقع بوده و توسط یک یا چند ایستگاه پرستاری نظارت می‌شوند. هر بخش دارای قسمت‌هایی نظیر آماده‌سازی دارو برای بیمار، جداسازی ملحفه‌های تمیز و کثیف، نظافت و همچنین امکانات مجزا برای کارکنان می‌باشد.

ذات‌الریه(سینه پهلو)

تورم بافت شش‌ها می‌باشد. عموما عامل بیماری ذات‌الریه، ویروسی یا باکتریایی است، اما ممکن است این بیماری توسط یک عامل قارچی فرصت طلب نیز ایجاد گردد (به‌خصوص در میزبانی که دستگاه ایمنی‌اش ضعیف شده باشد). البته عوامل غیرعفونی نظیر مواد شیمیایی یا تابش اشعه هم ممکن است باعث بیماری ذات‌الریه شود.

ذرات آلاینده

ذرات ناخواسته که ناشی از آلودگی می باشد. مواد آلاینده، ممکن است یک عامل عفونی یا غیر عفونی محسوب شود.

اختلاف فشار

اختلاف بین فشار فضا و فشار مرجع می‌باشد. اختلاف فشار برای کنترل عفونت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فشار مثبت، موجب جریان هوا از داخل به سمت خارج از فضای مورد نظر از طریق درزها یا بازشوها می‌شود. فشار منفی موجب جریان هوا از خارج به سمت داخل فضا از طریق درزها و بازشوها می‌گردد.

اتاق‌های حافظت شده[۱](PE)

یکی از انواع اتاق درمان بیمار است که در آن فشار مثبت اعمال می‌شود تا بیمار ساکن اتاق، از عفونت‌های هوابرد ناشی از انسان‌های دیگر و محیط اطراف مصون بماند.

---

۱ Protective environment rooms

سرمایش تجهیزات و فرایندها

استفاده از آب سرد در تجهیزات پزشکی و فرایندهای بیمارستانی را گویند. این سرما ربطی به سیستم‌های خنک‌کننده ساختمان که به صورت فصلی کار می‌کنند، ندارد و فقط مختص به تجهیزات پزشکی است. به‌عنوان مثال‌هایی در این زمینه می‌توان به واحدهای تولید سرمای مدولار برای خنک کردن تجهیزات مختلف پزشکی، مثلا دستگاه‌های شتاب-دهنده خطی، دستگاه‌های ام‌آرآی، اسکنرهای پرتونگاری پوزیترونی، مرکز داده‌ها و کندانسور یخچال‌ها و سردخانه‌ها اشاره نمود.

رادیولوژی

شاخه‌ای در علم پزشکی مربوط به استفاده از اشعه X و دیگر اشکال انرژی جهت تصویربرداری و معاینه ساختار داخلی بدن بیمار، جهت درمان می‌باشد.

اتاق‌های رادیولوژی

مکان‌هایی برای بیمارانی که برای معاینه، تشخیص و درمانشان نیاز به پرتونگاری با اشعه X است. این اتاق‌ها معمولا به صورت بسیار زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تجهیزات الکترونیکی موجود در این اتاقها مقدار قابل توجهی گرما تولید می‌کنند.

اتاق درزبندی شده

اتاقی است که از حداقل نشتی هوا از طریق شکاف‌ها، پنجره‌ها، اتصالات برقی و آبی و هوایی، سقف و دیگر درزهای موجود در دیوار برخوردار است.

بخش تخصصی پرستاری

به بخشی اطلاق می‌شود که مربوط به بیمارانی است که نیازمند به خدمات پرستاری به صورت متناوب و مکرر می‌باشند.

ضایعه پوستی

پوسته شدن بافت پوست در لایه اپیدرمیس را گویند. این پوسته‌های بافت اپیدرمیس حامل باکتری می‌باشند. اتاق عمل باید به گونه‌ای استریل گردد که امکان حضور این نوع

بافت‌ها وجود نداشته باشد.

دستگاه اتوکلاو بخار

یک ظرف درزبندی شده است که می‌تواند محتویات داخلش را در فشاری حدود ۱۰۳ کیلوپاسکال (psi ۱۵) و دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس (۲۵۰ درجه فارنهایت) برای یک دوره زمانی مشخص حدود ۲۰ دقیقه یا بیشتر حفظ نماید تا تمامی میکروارگانیزم‌ها اعم از هاگ یا تخم باکتری‌ها نابود شود.

استریل

ایجاد شرایطی به‌منظور عاری شدن از میکروارگانیزم‌ها و تخم‌های آن‌ها را گویند.

حوزه یا دامنه استریل

سطح استریل شده‌ای را گویند که در داخل آن روش‌های تهاجمی(عمدتا جراحی) بکار بسته می‌شود. موارد ذیل بیانگر شماری از سطوحی است که استریل آنها ضروری است:

۱) کلیه سطوح مربوط به اتاق عمل باید تا پایین سطح تراز میزهای جراحی استریل شود. بازوها و همچنین دستکش‌ها نیز بایستی استریل گردند.
۲) جلوی گان‌ها یا روپوش های اتاق عمل نیز از گردن تا سطح تراز میز جراحی بایستی حتما استریل شود.
۳) تجهیزات مربوط به عمل جراحی نظیر میز قرارگیری ابزار جراحی و سطح افقی پشت میزهای جراحی نیز باید استریل گردد.
٤) تجهیزاتی نظیر میکروسکوپ و ابزار مربوط به اشعه ایکس نیز بایستی استریل گردند.
٥) چراغ‌های روشنایی در اتاق عمل باید استریل شوند. استریل خود لامپ‌ها لازم نیست.
٦) صفحه نمایشگر مربوط به بیهوشی از سطح تراز میز جراحی تا قسمت بالایی صفحه نمایش باید استریل شود.

ستون حرارتی جراحی

جابجایی هوا به سمت بالا را گویند که به واسطه انتشار حرارت بیمار از محل زخم، انتشار حرارت پرسنل اتاق عمل و همچنین وجود حرارت تابشی ناشی از لامپ‌های اتاق عمل ایجاد می‌شود.

اتاق صدمات(تروما)

اتاق صدمات، اتاقی است که برای بیماران صدمه دیده و بیمارانی که جراحات‌شان جدی-تر بوده و درمان آن‌ها ممکن است نیاز به چندین بار ورود به اتاق های معاینه داشته باشد، مورد استفاده قرار می گیرد. اتاق‌های صدمات به اتاق های شوک نیز معروف است. هدف اصلی این اتاقها، ورود بیمارانی است که به صورت جدی صدمه دیده اند و نیاز به درمان های اضافی دارند.

درمان

به فعالیت‌های که برای ریشه کنی یا کاهش یک بیماری صورت می‌گیرد، اطلاق می‌شود.

کلینیک درمانی

ساختمان مجزا از بیمارستان که بیماران به طور سرپایی درمان شده و نیاز به بستری شدن انها حتی به مدت یک شب هم نیست. این ساختمان مجهز به سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مستقل از ساختمان بیمارستان می باشد. کلینیک درمانی برای درمان بیماران با بیماری های جزئی تا بیماری های مهم و خطرناک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ضمن این مرکز به ارائه خدمات به بیماران ناتوانی که قادر به انجام کارهای شخصی خود، تحت شرایط اورژانسی، بدون کمک و یاری دیگران نیستند نیز می پردازد. همچنین این مرکز در واقع یک مرکز اورژانسی برای بیماران بوده و ارائه خدمات وسیعی جهت تشخیص و درمان بیماری نیز در دستور کار خود دارد.

اتاق‌های درمانی

عموما به اتاق‌هایی اطلاق می شود که در آن کارهای پزشکی نظیر برونکوسکوپی، سیروسکوپی و غیره انجام می‌گیرد.

تریاژ

به عمل تعیین میزان جدیت بیماری یا میزان جراحت وارده به بیماران اورژانسی گفته می‌شود و این بیماران دسته‌بندی می‌شوند. برخی بیماران فورا درمان می‌شوند و آن‌هایی که آسیب کمتری دیده اند، می توانند بعدا درمان شده یا به مکان دیگری منتقل گردند.

اشعه ماورای بنفش(اشعه UV)

اشعه ماورای بنفش به طیف نوری یا طیف امواج الکترومغناطیسی در محدوده طول موجی ۱۰۰ تا ٤۰۰ نانومتر گفته می‌شود.

UVGI

اشعه ماورای بنفش مناسب جهت کشتن میکروارگانیزم‌ها و میکروب‌ها می باشد و بازه طیفی آنها از ۲۰۰ تا ۲۷۰ نانومتر می‌باشد. لامپ‌هایUVGI در سقف یا دیوارهای کانال‌های هوای مربوط به سیستم تعویض هوا نصب می‌شود.

تعویض هوا

فرایند تامین هوا یا خروج هوا از یک فضای مشخص به‌منظور کنترل میزان آلودگی موجود، میزان رطوبت یا دمای داخل این فضا را گویند. این هوا ممکن است مطبوع نشده باشد. ممکن است از سیستم تعویض هوا انتظاراتی نظیر کنترل و خروج دود و حذف آلودگی محیط نیز برود.

تعویض هوای مکانیکی

نوعی از تعویض هوا می باشد که تجهیزات مکانیکی نظیر فن‌های موتوردار و دمنده‌ها عمل تعویض هوا را انجام می‌دهند.

تعویض هوای طبیعی

نوعی از تعویض هواست که به‌واسطه اختلاف دمای محیطی، باد یا اثرات نفوذ، از طریق درها، پنجره‌ها یا دیگر بازشوهای ساختمانی ایجاد می‌شود.

کارایی تعویض هوا(Ev)

توانایی سیستم تعویض هوا جهت حمل هوا به فضای اشغال شده را گویند.

بازده تعویض هوا

توانایی یک سیستم برای حذف ذرات آلاینده که توسط یک منبع در اتاق تولید میشود را گویند.

اتاق انتظار

در بخش‌های مربوط به بیماران، فضاهایی جهت انتظار اقوام بیمار وجود دارد. در کلینیک‌ها و بخش‌های اورژانسی از این فضاها جهت انتظار بیمار به‌منظور تشخیص بیماری و درمانش نیز استفاده می‌شود.

ممکن است در این فضاها نیاز به الزامات و لوازمی جهت جداسازی یا ایزوله بیمارانی که به بیماری عفونی هوابرد دچار شده‌اند و افرادی که در معرض آلودگی ناشی از مواد آلاینده خطرناک قرار دارند، وجود داشته باشد.

گازهای بیهوشی اتلافی

گازهای بیهوشی که بیمار در بازدم به محیط پس می‌دهد یا بیشتر از نیاز مصرفی بیمار استفاده شده است.

شاخص فعالیت آب

شاخص فعالیت آب در واقع شاخصی برای میزان آب موجود در هر ماده است که موجب رشد میکروب ها در آن ماده می‌شود.

۳ تشریح بخشهای درمانی

۳-۱ مقدمه- مراکز درمانی

بیمارستان مکانی برای درمان و مراقبت هر روزه ٤ نفر یا بیشتر بوده که در آن مراقبت-های پزشکی شبانه‌روزی صورت می‌پذیرد. بیمارستان‌ها به سه طریق طبقه بندی می-شوند:۱)مدت زمان اقامت بیمار ۲)نوع بیماری ۳)نوع مالکیت

- بیمارستان با اقامت کوتاه، بیمارستانی است که بیمار کمتر از ۳۰ روز در آنجا اقامت دارد.
- بیمارستان‌های تخصصی نظیر مراکز سرطان، مراکز تخصصی کودکان و زنان یا مرکز سلامت روان هر کدام بنا به نوع خدماتی که ارائه می‌نمایند نام‌گذاری می-شوند(نظیر بیمارستان سرطان، بیمارستان کودکان و ...).
- مالکیت بیمارستان می‌تواند به سه نوع باشد:
  - مالکیت و اداره آن توسط مردم است.
  - دارای صاحب یا مالکیت خصوصی است(به‌صورت انتفاعی یا غیر انتفاعی)
  - مالک آن دولت است.

۳-۱-۱ بیمارستان مراقبت ویژه

این بیمارستان، انواع مراقبت‌های پزشکی را فراهم آورده و مدت زمانی که بیمار در آنجا می‌ماند بیشتر از یک روز و کمتر از ۳۰ روز است. بیشتر این بیمارستان‌ها هم‌چنین دارای بخش مربوط به بیماران سرپایی در همان فضای بیمارستان می‌باشند.

۳-۱-۲ بیمارستان سلامت روانی

بیمارستان خاصی است که خدمات درمانی مربوط به حوزه روان را برای بیماران و برای مدت بیش از یک روز ارائه می‌دهد.

۳-۱-۳ مرکز مراقبت اولیه بیماران سرپایی

مرکز مراقبت اولیه در واقع به بیمارانی که برای اولین بار وارد سیستم درمان بیمارستان می‌شوند خدمات ارائه می‌دهد و همه نیازهای مربوط به سرویس‌دهی بیماران را پوشش می-دهد. از جمله فعالیت‌های بخش مراقبت اولیه، آماده سازی بیماران برای ویزیت شدن توسط پزشکان متخصص مربوط می‌باشد.

مراقبت اولیه بیمار در واقع شامل بهبود سلامت بیمار، پیشگیری از بیماری، حفظ سلامت فرد، مشاوره، آموزش بیمار و تشخیص و درمان بیماری‌های حاد و مزمن بیماری را در مراحل مختلف سلامت و درمان تحت پوشش قرار می‌دهد. از مراحل مختلف سلامت و درمان می‌توان به مراحلی چون حضور در مطب پزشک، بخش بستری بیمار، مراقبت بحران، مراقبت طولانی مدت، مراقبت در خانه و مراقبت روزانه اشاره نمود.

فعالیت‌های مربوط به مراقبت اولیه به‌منظور برآورده کردن نیازهای بیمارانی است که مشکلات متعددی دارند و تعداد زیادی از آن‌ها نیازمند مراقبت‌های اولیه هستند. مرکز مراقبت اولیه عموما مجهز به امکانات و تجهیزات متعددی است. هم‌چنین طیف وسیعی از متخصصان و مشاوران جهت نیازهای مراقبتی خاص در این مرکز وجود دارند.

۳-۱-۴ بخش درمانی مربوط به بیماران سرپایی

بخش مربوط به بیماران سرپایی معمولا نزدیک کلینیک یا ساختمان پزشکان می‌باشد. این بخش دارای ۱ تا ۱۰ اتاق پزشک است. معمولا این بخش مساحتی کمتر از ٤٦٥ متر مربع را اشغال می‌کند.

۳-۱-۵ بخش جراحی بیماران سرپایی

طبقه بندی بخش مربوط به جراحی شامل موارد زیر می‌شود:

- کلاس A :

این دسته، جراحی‌های کوچک را شامل می‌شود که در آنها بی‌حسی یا بیهوشی به صورت موضعی و محلی یا منطقه‌ای است. در این حالت از داروهای بیهوش کننده کل بدن

استفاده نمی‌شود. روش‌های بی حسی معمولا به روش تزریق درون سیاهرگی، درون ستون فقرات و بی حسی موضعی می‌باشد. روش‌های مذکور برای کلاس B و کلاسC نیز مناسب هستند.

- کلاس B:

در این دسته، جراحی‌های کوچک و بزرگ قرار می‌گیرد که عمل بیهوشی با داروهای خوراکی، مواد بیهوشی درون سیاهرگی، داروهای مسکن ضد درد نظیر آسپرین و دیگر داروهای بیهوشی انجام می‌شود.

- کلاسC:

این دسته شامل جراحی‌های بسیار مهم می‌شود که به انواعی از مواد بیهوشی نیاز است و کل بدن را تحت اثر خود قرار می‌دهد. در این حالت باید از عملکردهای حیاتی بدن محافظت نمود.

بخش جراحی بیماران سرپایی به کلاس A و تحت شرایط خاص به کلاس B محدود می‌شود. به طور کلی به غیر از فرایند جراحی بیماران سرپایی، در این بخش مراحل مختلف دیگری نیز وجود دارد. نظیر مراحل اتمام کار و خروج بیمار که باید در مدت زمان کوتاهی انجام شود.

۳-۱-۶ بخش اقامت پزشک

ساختمانی بزرگ که معمولا شامل آپارتمان‌های شخصی یا مستقل(خواه دارای آشپزخانه و خواه بدون آن) است. در این بخش، ساختمانی جهت استراحت در اختیار پزشکان یا کارکنان بخش‌های شبانه روزی قرار می‌گیرد و هم‌چنین در این واحد، گردهمایی‌ها جهت صرف شام و برنامه‌های دیگر نیز قابل انجام است.

۳-۲ بخش‌های مراقبت بیماران

۳-۲-۱ بخش‌های پرستاری عمومی

واژه بخش‌های پرستاری عمومی، معمولا برای بیان کلیه خدمات پرستاری و مراقبت‌های ویژه کاربرد دارد. این خدمات ممکن است شامل بخش‌های مربوط به پزشکی، جراحی، ارتوپدی، اطفال، زنان یا ترکیبی از آنها باشد. این واژه هم‌چنین جهت بخش‌های مراقبتی غیر

ویژه نیز کاربرد دارد. البته ممکن است خدمات خاص و متفاوتی نیز دراین بخش‌ها ارائه گردد. این بخش‌ها دارای شرایط محیط داخلی متنوعی می‌باشند که برای دانستن میزان دما، رطوبت و الزامات مربوط به جریان هوا باید به جدول ٤-١ مراجعه شود.

۳-۲-۲ اتاق های ایزوله عفونت هوابرد (AII):

در این اتاق که شرایط آن به شکلی پیوسته یا دوره‌ای مورد پایش قرار می‌گیرد، هوای ورودی از طریق سطوح داخلی اتاق(دیوارها، کف و سقف) وارد می‌شود. با توجه به فشار منفی بودن اتاق مذکور و درزبند بودن کامل جدارهای این فضا، تخلیه هوا به صورت ۱۰۰ درصدی انجام می‌شود. توزیع هوا در اتاق باید به‌گونه‌ای باشد که هوای ورودی با هوای داخل اتاق بصورت کامل ترکیب شود تا همه قسمت‌های اتاق تحت تاثیر هوای تازه ورودی قرار گیرد. اتاق ایزوله مربوط به عفونت هوابرد ممکن است دارای یک پیش‌اتاق بوده یا فاقد آن باشد. همچنین این اتاق می‌تواند دارای سیستم پایش و نمایشگر و کنترل الکترونیکی میزان فشار باشد. این اتاق‌ها نیازمند ابزار مکانیکی اندازه گیری فشار می‌باشد.

۳-۲-۳ اتاق حفاظت شده

اتاق حفاظت شده که به‌صورت پیوسته یا دوره ای مورد پایش قرار می‌گیرد اتاقی است که جریان هوای خروجی از جدارهای اتاق (دیوارها، کف و سقف) به‌گونه ای است که فشار داخل اتاق مثبت می‌باشد. این اتاق دارای سیستم تعویض هوای ویژه‌ای است و بر روی مسیر هوای ورودی فیلترهای هپا قرار گرفته است. دریچه‌های ورود هوا در بالای تخت بیمار واقع بوده و دریچه‌های مربوط به برگشت هوا در دیوارها نزدیک درب ورودی و در پایین ترین ارتفاع قرار دارد. میزان حجم هوای ورودی به‌گونه ایست که همیشه جریان هوایی به سمت درب خروجی و کانال برگشت در جریان است.

۳-۲-۴ بخش‌های پرستاری ویژه

بخش‌های پرستاری ویژه، خدمات خاص و فشرده‌ای را برای بیمارانی با بیماری‌های خاص فراهم می کنند. این بخش‌ها ممکن است برای درمان بیماری‌هایی نظیر بیماری قلبی، گرفتگی شاهرگ قلب، بیمارهای عصبی یا دیگر گروه‌های تشخیصی یا دیگر مشکلات به صورت تخصصی خدمات مربوط را ارائه نماید. از طرفی نیز ممکن است این گروه‌های تشخیص بیماری متنوع به‌صورت یکپارچه درآمده باشند. تخت‌های مراقبت ویژه باید از دیگر تخت‌های مربوط به بیماران گروه‌های دیگر جدا گردد. چه در مورد بیماری‌هایی که

جنبه تخصصی دارند و چه آن‌هایی که عمومی‌ترند، برنامه‌ریزی واحدها به همدیگر شبیه می‌باشد. البته به غیر از بخش‌های مربوط به نوزادان که دارای برنامه‌ریزی خاص می‌باشد.

پرستاری و مراقبت ویژه واژه نسبتا ناآشنا و جدیدی است که امروزه از نقطه نظر اهمیت، به سرعت در حال رشد می‌باشد. که این امر موجب پیشرفت در تکنولوژی پزشکی و سبب درمان بیماری های ناعلاج شده است. این پیشرفت‌ها باعث شده که استفاده از تخت-های جراحی و پزشکی عمومی در حال کاهش و از طرف دیگر نیاز به تخت های مراقبتی بحرانی افزایش یابد.

امروزه به‌منظور افزایش بهره‌وری در امر مدیریت بیمارستانی، پلی ارتباطی بین بخش-های مراقبتی ویژه و بخش‌های پزشکی خاص یا عمومی و واحدهای جراحی ایجاد می‌شود. بدین ترتیب مطابق این روش مدیریتی، با هماهنگی پرسنل واحد مراقبت بیمار با پرسنل واحد مراقبت ویژه، تعداد کمی از تخت بیماران(۳ تا ۲۰ عدد تخت)، مورد پرستاری پرسنل بیشتری قرار گرفته و پایش و ارزیابی همه یا برخی از بیماران بطور منظم‌تری به انجام می‌رسد. غالبا در این بخش‌های خاص مراقبتی، تخت‌های پزشکی و جراحی نیز وجود دارد.

۳-۲-۵ اتاق نوزادان

در اتاق نوزادان، از نوزادان تازه به دنیا آمده مراقبت می‌شود و مرتبط با بخش‌های پرستاری مادرانی است که تازه زایمان نموده‌اند. در اتاق نوزادان عموما سه سطح خدمات وجود دارد: سطح (I) برای نوزادان با شرایط عادی است، سطح (II) برای مراقبت متوسط می‌باشد و سطح (III) برای نوزادان با بیماری‌های مهم است. اتاق نوزاد سطح (I) شامل قسمت پذیرش، قسمت مراقبت از نوزادان و یک قسمت برای مراقبت از نوزادان مشکوک به بیماری می‌باشد.

اتاق نوزاد سطح (III) در حقیقت بخشی تخصصی برای مراقبت ویژه از نوزادان بوده و دارای تجهیزات ویژه مراقبتی است. البته اتاق نوزادان از نوع سطح (I)(III) در هر بیمارستانی وجود ندارد و فقط در بیمارستان‌های تخصصی کودک کاربری دارد. از آن سو اتاق نوزاد سطح (II) بخش‌های مراقبت ویژه‌ای برای نوزادان است که عمومیت بیشتری در بیمارستان‌ها دارد. در واقع بیشتر بیمارستان‌ها می‌توانند خدمات مامایی سطح (II) را ارائه دهند.

قسمت خدمات پرستاری و نگهداری نوزادان چه از نوع معمولی چه ویژه باید بسیار نزدیک به تخت نوزادان بیمار باشد. حال آنکه در سایر واحدها این قسمت خدمات پرستاری می‌تواند در فاصله بیشتری قرار بگیرد.

۳-۲-۶ بخش‌های زایمان (بخش‌های تولد نوزادان)

بخش‌های وضع حمل و زایمان، قابلیت ارائه خدمات به مادران باردار قبل از پذیرششان را دارند. همچنین، در این بخش‌ها خدماتی در زمینه مراقبت مادران و نوزادان طی زایمان و وضع حمل و در نهایت سرویس‌های لازم به‌منظور بازیابی سلامت مادران بلافاصله پس از وضع حمل ارائه می‌شود.

در این بخش، مراقبت‌های پیش از زایمان برای مادران با ریسک بالا عموما چند روز یا حتی چند هفته قبل از زایمان فراهم می‌شود. ممکن است تعداد مادران با ریسک بالا در بیمارستان به واسطه افزایش مادران معتاد به مواد مخدر یا مبتلا به ایدز زیاد باشد. از طرف دیگر نیز ممکن است تعداد این مادران باردار(که باید چندین روز قبل از زایمان در این بخش بمانند) به دلیل زایمان طبیعی کاهش یابد.

برخی از بیمارستان‌ها ممکن است کلاس‌هایی را برای مادران باردار در انتخاب روش مناسب زایمان (طبیعی یا سزارین) برگزار کنند. برخی از بیمارستان‌ها ممکن است روش سزارین را در بخش جراحی انجام دهند. پس از وضع حمل، نوزاد به اتاق نوزاد منتقل شده و مادر در بخش بازیابی سلامتی می‌ماند تا اثرات داروی بیهوشی از بین برود و پس از آن به بخش پس از زایمان منتقل می‌شود.

با توجه به تجهیزات مورد نیاز، بخش وضع حمل به سه دسته و نوع تقسیم می شود: ۱) زایمان طبیعی ۲) سزارین ۳)چند منظوره

در روش طبیعی فضاهای مجزا برای عملیات قبل از زایمان، وضع حمل و ریکاوری وجود دارد. برای روش سزارین نیز سه فضا استفاده می‌شود، اما اتاق وضع حمل بزرگتر بوده و تجهیزات بیشتری برای جراحی وجود دارد. در نوع سوم از بخش زایمان، اتاق‌های چندمنظوره وجود دارد. در واقع این اتاق‌های چند منظوره خود به دو نوع طبقه بندی می-شوند. در نوع اول، عملیات قبل از زایمان، زایمان و بازیابی سلامتی مادر در یک اتاق واحد انجام می‌شود و در این اتاق کلیه عملیات مربوط به زایمان طبیعی قابل انجام است. در نوع دوم از اتاق‌های چند منظوره، یک اتاق واحد برای انجام عملیات قبل از زایمان/زایمان/بازیابی

سلامت مادران/بعد از زایمان انجام می‌شود. در حقیقت در این اتاق علاوه بر عملیات قبل از زایمان و زایمان، روند مربوط به پرستاری و رسیدگی به مادر و نوزاد انجام می‌شود.

۳-۲-۷ بخش پیوند مغز استخوان

بخش‌های پیوند مغز استخوان از نوع اتاق‌های محافظت محیطی است و همانطور که قبلا بیان شد با بخش‌های دیگر بیمارستان متفاوت بوده و از نوع فشار مثبت می‌باشد. این بخش دارای فیلترهای هپا در کانال هوای رفت خود می‌باشد که هوای راهروها و اتاق های مربوط به بخش را تامین می‌کند.

۳-۲-۸ توانبخشی

بخش توانبخشی، خدماتی را برای بیماران عضله‌ای-اسکلتی فراهم می‌کند که شامل ارزیابی و درمان بیماری است . این خدمات برای بیمارانی که در آن مکان اقامت دارند یا بیمارانی که سرپایی درمان می‌شوند، ارائه می‌شود.

برای بیمارانی که الزام به بستری شدن دارند، هم در بخش توانبخشی و هم در کنار تخت بیمار خدمات مناسبی در این زمینه داده می‌شود. اما برای بیماران سرپایی درمان فقط در بخش توانبخشی صورت می‌گیرد. با این وجود برخی از بیمارستان‌ها ممکن است برای بیماران سرپایی دارای بخش توانبخشی مجزایی باشند. ویزیت بیماران باید به نحوی منظم برنامه‌ریزی شده و زمان‌های آن به طور منطقی پیش‌بینی گردد.

۳-۲-۹ بخش‌های مراقبتی نیمه ویژه

بخش مراقبتی نیمه ویژه، بخشی از یک بیمارستان با تجهیزات مراقبتی بلند مدت است که برای مراقبت بیمارانی تنظیم شده که شرایط کاملا ویژه نداشته ولی نیاز به مراقبت پس از ترخیص از بیمارستان دارند.

۳-۳ مراکز تشخیص و درمان بیماری

۳-۳-۱ بخش‌های جراحی

بخش‌های جراحی به‌منظور ارائه خدمات به بیماران سرپایی، بیماران بستری در بیمارستان یا هر دو آنها تجهیز می‌شود. در بیشتر بیمارستان‌ها جراحی‌های متنوعی بر

روی بیماران به فراخور نیازشان قابل انجام است. این بخش، بازه وسیعی از خدمات گوناگون را از نوبت دهی و پذیرش تا ترخیص بیمار در برمی‌گیرد.

قسمت‌های مهم بخش جراحی شامل فضاهایی جهت جراحی ، فضایی برای بیهوشی، فضایی به منظور بازیابی سلامت بیمار (ریکاوری) و بخش مربوط به پرسنل می‌باشد. خدمات بخش استریلیزاسیون و ضدعفونی بایستی کنار این بخش باشد.

۳-۳-۲ بخش کاتاتریزاسیون قلبی

در بخش کاتاتریزاسیون قلبی مراحل مختلف تشخیصی و درمانی نظیر آنژیوگرافی قلبی، الکتروفیزیولوژی، آنژیوپلاستی، وارد کردن ابزار تنظیم کننده ضربان قلب به بدن و کاتاتریزاسیون قلب انجام می‌گیرد. از جمله تجهیزات مورد استفاده در این بخش، دستگاه تصویربرداری فلوروسکوپیک پیشرفته است. آزمایشگاه‌های کاتاتریزاسیون عموما با بخش جراحی و عمل قلب باز در ارتباط است. در این بخش برخی از فرایندهای قبل از عمل قلب باز انجام می‌شود.

از جمله تجهیزات موجود و ضروری در این اتاق، ژنراتورهای برق، ترانسفورماتورها، کنترل کننده‌ها، کامپیوترها، وسایل ثبت تصاویر و انبار کاتاتر می‌باشد که باید در دسترس پرسنل و مدیران این بخش قرار گیرد. کاتاتریزاسیون قلبی شیوه نسبتا جدید و پیشرفته‌ای است که به تبع آن دارای تجهیزات و خدمات پیشرفته‌ای می‌باشد. به همین دلیل می‌توان بیمارستان‌ها را به این بخش یا آزمایشگاه‌های مربوط مجهز نمود و همچنین توصیه می‌شود آزمایشگاه‌های با قدمت ۵ سال یا بیشتر نیز به روز شود.

۳-۳-۳ بخش مامایی

بخش مامایی دارای اتاق‌های متعددی است: اتاق جهت زایمان و جراحی‌های زایمان، اتاق قبل از زایمان و اتاق بازیابی سلامت مادر، اتاق بعد از زایمان، فضاهای پشتیبان و همچنین اتاق‌های چندمنظوره زایمان که در قسمت ۳-۲-٦ بیان شد.

۳-۳-۴ مرکز صدمات(تروما)/ اورژانس

وظیفه مرکز صدمات/ اورژانس، مراقبت جهت بهبودی افرادی است که تحت تاثیر ضربه یا بیماری‌های ناگهانی قرار گرفته‌اند. همچنین در این مراکز، مراقبت‌های اولیه در آخر هفته‌ها و تعطیلات و حتی عصرها انجام می‌گیرد. این مراکز می‌توانند به عنوان یک کلینیک پزشکی

به ارائه خدمات به بیماران بپردازند. البته منظور از ارائه خدمات در زمانی غیر از زمان اداری می‌باشد. به علاوه، این مراکز دارای واحدهای مخصوص خانم‌های باردار جهت وضع حمل نیز می‌باشند. در این مراکز همچنین اتاق‌های جراحی و تیم جراحی و دیگر خدمات خاص نیز موجود است.

ارائه خدمات در اورژانس امری بسیار اساسی و بنیادی است. هر قسمت از بخش اورژانس، یک برنامه مشخص و دقیق را دنبال می‌کند. بیمار توسط آمبولانس یا هلیکوپتر یا وسیله نقلیه موتوری شخصی از طریق یکی از دو درب بزرگ ورودی در محل درمان پذیرش می‌شود. یکی از دو درب برای ورود عموم مردم و دیگری برای ورود آمبولانس و کارکنان اورژانس می‌باشد. ورود بیمار به اورژانس ممکن است با اطلاع قبلی یا بدون اطلاع و غیرمنتظره باشد. شرایط بیمار توسط یک پرستار ارزیابی شده و بر اساس نوع جراحت، درمان خاص برایش درنظر گرفته می‌شود.

در صورتی که شرایط بیمار بحرانی و فوری باشد، سریعا به یک اتاق مناسب درمانی یا به قسمت خدمات پزشکی اورژانسی منتقل می‌شود. اما در صورتی که شرایط بحرانی نباشد، از بیمار امضاهای لازم گرفته شده و فرم های مخصوص پرداخت و فرم های پزشکی توسط بیمار پر شده و سپس بیمار در اتاق انتظار مانده تا در هنگام رسیدن نوبت وی، درمان فرد نامبرده توسط پزشکان این مرکز انجام شود.

برخی از بیماران جهت تصویربرداری تشخیصی به قسمت مربوط منتقل می‌شوند. یک تکنسین آزمایشگاه ممکن است نمونه‌ها را به آزمایشگاه ببرد. بیماران نیز ممکن است به منظور اینکه از یک بخش درمانی به بخش دیگر منتقل شوند یا به منظور انجام آزمایشات بلندمدت قبل از انتقال به بخش بستری شدن بیمار، در بخش اورژانس مستقر شوند. در مورد ضربه‌های جدی یا شرایط پزشکی خاص ممکن است بیمار از بخش اورژانس به بخش جراحی انتقال داده شود.

۳-۳-۵ اتاق تصویربرداری

تصویربرداری تشخیصی شامل آزمایش‌های التراسونیک، رادیوگرافی و الکترومغناطیس از بافت‌های بدن می‌باشد. امروزه این خدمات با تغییرات سریع تکنولوژی و افزایش تخصص و سرمایه‌گذاری، دستخوش تحولات وسیعی شده است. خدمات این بخش مربوط به بیماران

سرپایی، بیماران اورژانسی و بیماران نیازمند بستری می‌باشد. البته در برخی موارد، بخش تصویربرداری مجزایی برای بیماران سرپایی تاسیس می‌شود.

بخش‌های مربوط به تصویربرداری تشخیصی بر اساس نوع تجهیزات، سازمان‌دهی و طبقه بندی می‌گردد. تجهیزات مربوط به رادیوگرافی، توموگرافی و فلوروسکوپیک در درجه اول اولویت و پزشکی هسته‌ای در درجه دوم، توموگرافی کامپیوتری (CAT Scan) در درجه سوم، اولتراسونوگرافی در درجه چهارم و ماموگرافی در درجه پنجم الویت قرار دارند. در بیمارستان‌هایی با ۱۰۰ تا ۲۵۰ عدد تخت، معمولا وجود همه تجهیزات مربوط به تصویربرداری مذکور معمول نیست. اما در بیمارستان‌هایی با بیش از ۲۵۰ عدد تخت این تجهیزات متداول بوده و بخش‌های جداگانه‌ای جهت گروه‌های مختلفی از این تجهیزات در نظر گرفته می‌شود.

در بیمارستان‌های بزرگتر ممکن است انواع تجهیزات مربوط به تصویربرداری تشخیصی در واحدهای خدمات به صورت ترکیبی مورد استفاده قرار گیرند. به عنوان مثال دستگاه‌های رادیوگرافی و توموگرافی کامپیوتری در بخش اورژانس واقع شود و سیستم‌های ماموگرافی و التراسوند در بخش زنان قرار گیرد.

۳-۳-۶ آزمایشگاه

آزمایشگاه در مرکز درمانی شامل امکانات مربوط به امور درمانی و مراقبتی بوده که از آن جمله می‌توان به آزمایشهای فیزیکی و شیمیایی و آنالیز نمونه‌هایی که از مایعات و بافت-های بدن استخراج می‌شود، اشاره نمود. همچنین این آزمایشگاه ممکن است به آزمایشهای مربوط به کشف علت مرگ افراد یا آماده سازی خون و محصولات خونی برای استفاده در درمان بیماری بپردازد.

آزمایشها توسط ماشین یا تکنسین مربوط به این کار انجام می‌شود. نتیجه آزمایشها به صورت دستی در فرم‌های کاغذی ثبت شده یا به صورت الکترونیکی ثبت گردیده و به فرم-های کاغذی منتقل می‌گردد.

نمونه‌ها از بیماران به صورت اورژانسی، یا تحت عمل جراحی در بخش های مربوط گرفته می‌شود. حال آنکه بیماران سرپایی باید در ایستگاه خون یا نمونه گیری موجود در آزمایشگاه حاضر شده و روند نمونه برداری باید توسط تکنسین های آزمایشگاهی انجام پذیرد. آزمایش‌ها بر اساس دستور پزشک انجام می‌شود. آزمایش‌ها همچنین ممکن است

طبق یک برنامه ریزی و سیستم نوبت‌دهی یا به صورت اورژانسی و فوری انجام شود.

آزمایشگاه‌ها عموما بر اساس نوع وظایفشان سازمان‌دهی می‌گردند. در برخی بیمارستان‌ها یک آزمایشگاه ممکن است کارهای روزمره مشخصی را انجام دهد که عموما مربوط به انجام آزمایش‌های مربوط به بیماران سرپایی می باشد. همچنین آزمایشگاه مرکزی، آزمایشهای بیماران بستری را انجام داده و کمتر به انجام آزمایش‌های بیماران سرپایی می‌پردازد. مثال‌هایی از این نوع آزمایشگاه‌ها شامل موارد زیر است:

آزمایشگاه مراقبت ویژه (آزمایشگاه اورژانسی)

آزمایشگاه مراقبت ویژه یا آزمایشگاه اورژانسی در واقع به صورت ۲٤ ساعته و ۷ روز هفته به ارائه خدمات به بیماران می‌پردازد.

آزمایشگاه انتقال خون

انتقال خون به معنای گرفتن خون از کسی و انتقال آن به شخص دیگر جهت درمان‌های پزشکی می‌باشد. آزمایشگاه انتقال خون، مسئولیت ذخیره و پخش ترکیبات خونی را داشته که جهت آزمایش نمونه بیمار اخذ و پس از آماده‌سازی، گلبول های قرمز خون و ترکیبات خاص دیگر خون منجمد شده و برای استفاده برنامه‌ریزی می‌شود.

آزمایشگاه شیمی

آزمایش‌هایی که در یک آزمایشگاه شیمی انجام می شود شامل شیمی عمومی خون، آنالیز گازهای موجود در خون، آزمایش‌های مربوط به دارو و مواد مخدر، آزمایش‌های مربوط به غدد درون ریز، آزمایش‌های جامع مربوط به سم شناسی و خدمات مربوط به آزمایشهای روان درمانی، دارو و مواد مخدر می‌باشد.

آزمایشگاه مربوط به شکم و روده

در این آزمایشگاه‌ها معمولا بر روی نمونه خون بیمار، آزمایش‌های ویروس‌شناسی و تشخیص هپاتیت انجام می‌شود.

آزمایشگاه نوروشیمیایی/اسید آمینه

این آزمایشگاه در واقع به تشخیص آمینواسیدها و موارد نوروشیمیایی می‌پردازد و

حالت‌های غیرطبیعی در سوخت و ساز اسیدهای امینه، اسیدهای آلی، کارنیتین و دیگر مشتقاتشان را مورد بررسی قرار می‌دهد. همچنین در این آزمایشگاه، آزمایش‌های تشخیصی در مورد غدد درون ریز بدن شامل غده تیروئید، هیپوفیز، آدرنال و بیماری‌های مربوط به استخوان انجام می‌گیرد.

آزمایشگاه غدد درون ریز/تیروئید

آزمایشگاه تیروئید/غدد درون ریز به انجام آزمون‌های تشخیصی، تشریحی و مشاوره-های کنترل بیماری برای بیمارانی که دچار عارضه‌ای در غدد درون ریز و سوخت و ساز بدنشان هستند، می‌پردازد. همچنین در این آزمایشگاه آزمایش‌هایی به‌منظور محک زدن نحوه عملکرد سیستم سوخت وساز بدن یا بررسی احتمال بروز مشکل در ترشحات غدد درون ریز نظیر تیروئید، هیپوفیز، آدرنال و بیماری استخوانی به انجام می‌رسد.

آزمایشگاه ایمنی‌شناسی بالینی

این آزمایشگاه به انجام الکتروفورز با ژل آگار، ایمونوالکتروفورزیس، ایمونوفیکسیشن پرداخته که با استفاده از این آزمایش‌ها آنتی‌بادی‌های تک کلونی در سرم، اوره و سیالات عصبی نخاعی تشخیص داده می‌شود.

آزمایشگاه خون شناسی

این آزمایشگاه به شمارش سلول‌های خونی موجود در خون و دیگر مایعات بدن می-پردازد.

آزمایشگاه مربوط به لخته شدن خون

در این آزمایشگاه، آزمایش‌های مربوط به ارزیابی چگونگی لخته شدن خون انجام می-شود(البته وظیفه این آزمایشگاه را می‌توان به آزمایشگاه خون شناسی نیز محول نمود).

آزمایشگاه میکروبیولوژی

این آزمایشگاه، به انجام آزمایش‌های مربوط به باکتری‌شناسی، ویروس‌شناسی، انگل-شناسی، مایکوباکتریولوژی، قارچ شناسی و سرولوژی بیماری‌های عفونی می‌پردازد.

آزمایشگاه تشخیص نوع بافت

این آزمایشگاه، آزمایش‌های مربوط به پیوند مغز استخوان و پیوند اعضاء بدن را انجام

می‌دهد.

۳-۳-۷ اتاق‌های دیالیز کلیه

این اتاق مجهز به تجهیزات مربوط به دیالیز بوده که به تولید آب خالص پرداخته و همچنین دارای ایستگاه هایی برای درمان بیماران دیالیزی، محل انتظار، بخش سرپرستی، تجهیزات مربوط به نظافت و دیگر موارد پشتیبان می‌باشد.

۳-۳-۸ اتاق‌های آندوسکوپی

اتاق‌های آندوسکوپی بر اساس نوع حفره مورد نظر بدن طبقه بندی شده و عمل آندوسکوپی توسط ورود ابزار نوری به داخل بدن انجام می شود. آندوسکوپ می‌تواند به دوربین‌های ویدیویی مجهز بوده تا مراحل مختلف ورود این ابزار به حفره بدن توسط افراد بیشتری دیده شود که این امر برای تدریس و آموزش کارایی فراوانی دارد. همچنین بدین صورت می‌توان به ضبط تصاویر که نشان‌دهنده مراحل مختلف انجام عمل آندوسکوپی است اقدام نمود. تجهیزات ویدیویی اغلب شامل نمایشگرهای دوتایی و تجهیزات اضافی می-باشد.

آندوسکوپی مجاری پایینی شکمی

فرایند آنوسکوپی، پروکتوسکوپی و سیگموئیدوسکوپی: این فرایندها با ابزار صلبی انجام می‌شود. این نوع از آندوسکوپی در اتاق‌های درمان معمولی یا حتی مطب پزشک قابلیت انجام دارد. خطرات کمی برای عفونت بیمار وجود دارد با این وجود بدلیل تماس این ابزار با مناطق کثیف و آلوده داخل بدن، لازم است این وسایل و تجهیزات قبل از استفاده کاملا تمیز و ضدعفونی گردند تا احتمال آلودگی به حداقل برسد. البته در این مکان‌ها احتمال بو وجود دارد، بخصوص در صورتی که خونریزی داخلی رخ دهد.

فرایند کلونوسکوپی: این فرایند با ابزار فیبر نوری قابل انعطاف انجام می‌شود. همچنین همانند فرایند بالا، این ابزار امکان ورود به حفره های کثیف و آلوده بدن را دارد. فرایند کلونوسکوپی اغلب بدون بیهوشی یا بی‌حسی موضعی غیر ممکن است. در برخی موارد استثنایی می‌توان در طی این فرایند به ایجاد حفره در کلون یا نزدیک آن اقدام نمود ولی در این حالت تجهیزات بیمارستانی مخصوصی در این زمینه باید وجود داشته باشد. بیوپسی،

درآوردن تومور و کاتریزاسیون نیز از طریق فرایند کلونوسکوپی انجام می‌شود.

ابزار فیبر نوری دارای اجزاء و مواد درزبندی است که در فشار و دمای بالا ممکن است دچار تخریب شوند(طی اتوکلاو). به‌همین دلیل استریل کردن این ابزار اغلب با گاز اتیلن اکساید یا محلول‌های میکروب‌کش انجام می‌شود.

آندوسکوپی مجاری بالایی شکمی

فرایند گاستروسکوپی: این فرایند قبلا با ابزار صلب انجام می‌شد، اما امروزه با ابزار انعطاف پذیر انجام می‌شود. نمونه‌ها از مایعات شکمی و زیرشکمی جهت آنالیز به آزمایشگاه برده می‌شود. نمونه‌های بافتی نیز برای آزمایشات بافتی هیستولوژیک و مایعات بدن نیز برای آزمایشات سلولی سیتولوژیک برداشته می‌شود. ممکن است از اسپری بیهوشی برای کاهش حالت تهوع و عق زدن در بیمار (به دلیل ورود ابزار به داخل بدن) استفاده شود. انتقال عفونت به بیمار از محیط معمولا مشکل ساز نیست. محتویات شکمی اغلب به‌خاطر وجود اسید هیدروکلریک در شکم به طور طبیعی استریل اند.

فرایند ازوفاگوسکوپی(آندوسکوپی مری): این فرایند شبیه به گاستروسکوپی است. در این فرایند ایجاد حفره در مری نیز امکان پذیر است به خصوص اگر سرطان یا اختلالی در مری ایجاد شده باشد. بروز مشکلاتی از این دست ممکن است منجر به بستری شدن سریع بیمار و عمل جراحی بیانجامد. بنابراین دسترسی به یک بیمارستان لازم است.

فرایند برونکوسکوپی (آندوسکوپی شش ها): این فرایند با آندوسکوپ مخصوص صلب یا انعطاف پذیر جهت ورود به شش‌ها می باشد. در صورت ورود این ابزار به داخل شش ها احتمال بروز سرفه وجود دارد. قطرات ناشی از سرفه ممکن است حاوی عفونت بسیار بالا و ارگانیزم های مقاوم نظیر مایکوباکتریوم توبرکلوزیس باشد. پرسنل این بخش بایستی از وجود ذرات و ارگانیزم های عفونی معلق در هوا محافظت شوند.

آندوسکوپی مجاری ادراری و آندوسکوپی‌های دیگر:

فرایند سیستوسکوپی (آندوسکوپی مجاری ادراری): این فرایند می‌تواند در اتاق پزشک انجام شود. ممکن است عفونت توسط ابزار اندوسکوپ انتقال یابد، بنابراین استریل کردن وسایل و ناحیه مربوط و همچنین پوشاندن آن با روکشی مخصوص، مهم است. مثانه معمولا استریل است، با این وجود ممکن است حامل میکروارگانیزم‌های مقاوم بوده که می-تواند منتشر گردد. عمل جراحی سیستوسکوپی و اشعه دادن طی سیستوسکوپی اغلب

نیازمند بیهوشی بوده و بر روی میزهای مخصوص اورولوژی صورت می‌گیرد. از آنجایی که استریل نمودن هوا در جراحی سیستوسکوپی به اندازه جراحی در محیط باز (جراحی از طریق ایجاد شکاف) مهم نیست و همچنین به‌دلیل آن‌که فرایند سیستوسکوپی دارای میزهای خاص می‌باشد، لذا اتاق عمل سیستوسکوپ معمولا کوچک‌تر از اتاق مربوط به جراحی‌های باز می‌باشد. امروزه شیوه‌های جدید برای انجام فرایند سیستوسکوپی ابداع شده که از دوربین و مانیتور استفاده می‌شود. از جمله این فرایندهای پیشرفته می‌توان به عمل سیستوسکوپی با لیزر، عمل کریوسکوپی(روش منجمد کردن)، سنگ شکنی سیستوسکوپی(سنگ شکن‌های اولتراسونیک، الکترواستاتیک یا لیزری) و سنگ شکنی اکستراکورپورال اشاره نمود که این روش‌ها به تجهیزات بسیار پیشرفته‌ای نیاز دارد.

فرایند اورتروسکوپی: این فرایند یک عمل جراحی بوده که نیازمند یک میز متفاوت است. میزی که اجازه سیستوسکوپی و رادیوتراپی را بدهد و همچنین امکان فلوروسکوپی شکم بیمار با استفاده از C-arm و اشعه X را بدهد. اورتروسکوپی می‌تواند در اتاق سیستوسکوپی انجام شود البته در صورتی که اتاق به اندازه کافی بزرگ باشد که بتوان دستگاه C-arm، مانیتورها و تجهیزات مربوط به اورتروسکوپی را در آن جای داد. با این وجود این عمل می‌تواند در یک اتاق جراحی باز نیز انجام شود.

فرایند نفروسکوپیک (آندوسکوپی لوله های نفرونی کلیه): این فرایند، یعنی عمل آندوسکوپی کلیه، در اتاق عمل باز که به یک C-arm مجهز شده یا در اتاق C-arm (در بخش رادیولوژی) انجام می شود. به‌علت وجود تجهیزات ویدئویی، تجهیزات اشعه X و تجهیزات جراحی، به فضای اضافی برای استقرار این وسایل نیاز است.

آرتروسکوپی(آندوسکوپی مفاصل): این عمل جراحی در یک اتاق عمل تحت شرایط کاملا استریل انجام می‌شود. چرا که وجود عفونت و آلودگی می‌تواند به مفاصل آسیب جدی بزند و باید خاطر نشان نمود که از بین بردن عفونت مفاصل بسیار سخت بوده و می‌تواند در بدن بیمار گسترش یابد.

جراحی آندوسکوپی شکمی: جراحی‌های مهم شکمی نظیر درآوردن کیسه صفرا از طریق ابزار آندوسکوپی در یک اتاق عمل باز با شرایط استریل کامل انجام می‌شود. عموما چهار

عدد نمایشگر در این عمل استفاده می‌شود که دو عدد آن به سمت میز بوده تا جراح نیازی به چرخاندن سر جهت دیدن مانیتور را نداشته نباشد. یکی از این دو نمایشگر جهت ثبت زمان واقعی عمل و دیگری جهت ثبت تصویر جهت اصلاح و بازیابی به کار می‌رود. شدت نور نیز در این اتاق معمولا کم است. در صورت لزوم، اتاق به نحوی مجهز شده تا سریعا تبدیل به اتاق عمل باز شود.

۳-۴ بخش جراحی

۳-۴-۱ بخش جراحی بیماران سرپایی

جراحی بیماران سرپایی که موسوم به جراحی روزانه یا جراحی اورژانسی نیز می‌باشد، خدمات جراحی برای بیمارانی که نیاز به بستری ندارند را ارائه می‌دهد. شکل این خدمات به وسعت بخش جراحی بستگی داشته و از اتاقی دارای تجهیزات سیار معمولی تا فضایی مجهز به تجهیزات بسیار کامل، متغیر است. بخش جراحی دربرگیرنده اتاق‌های جراحی، اتاق بازیابی سلامت بیمار، اتاق آماده سازی وسایل جراحی، مکان پذیرش بیمار، محل پرداخت هزینه عمل و تمامی امکانات لازم دیگر می باشد. همچنین این بخش ممکن است خدمات دیگری جهت بستری بیمار را نیز ارائه دهد.

در برخی بیمارستان‌ها ممکن است پس از عمل جراحی بیماران سرپایی برنامه‌ای را به‌منظور بستری شدن این بیماران در بخش بستری به بیمار ارائه نماید.

مراحل یکسان در اتاق جراحی بیماران سرپایی شامل پذیرش بیمار، پوشیدن لباس مخصوص به بیمار و آماده‌سازی او جهت عمل جراحی، مرحله پس از بازیابی سلامت بیمار می‌باشد.

مرحله پذیرش بیمار شامل چک کردن ورود بیمار و هماهنگی و اطمینان از پرداخت صورت حساب و خدمات مربوط می‌باشد. منظور از مرحله پوشیدن لباس مخصوص به بیمار، آماده سازی بیمار شامل پوشیدن گان مخصوص جراحی و آماده سازی بیمار قبل از انتقال به اتاق عمل در مرحله بعدی است. فرایند عملیات پس از جراحی نیز شامل بهبود بیمار از حالت بیهوشی عمومی در اتاقی جدا به‌منظور بازیابی سلامت بیمار است که می‌تواند خود این مرحله شامل یک یا چند مرحله اضافی بازیابی باشد. مرحله پس از بازیابی نیز به کلیه فرایندهای انجام شده قبل از ترخیص بیمار اطلاق می‌شود.

۳-۴-۲ بخش جراحی بیماران بستری

جراحی بیماران بستری در بخش جراحی بیماران بستری انجام می‌شود. این بخش به‌منظور انواع متفاوت و متنوع جراحی، به شکل‌های متفاوت طراحی می‌گردد.

۳-۵ فضاهای اداری

۳-۵-۱ دفاتر عمومی

بخش اداری بیمارستان، مدیریت اجرایی همه بخشهای بیمارستانی را بر عهده دارد. مدیر اجرایی معمولا بر مدیران ردیف دوم که مسئولیت ارائه خدمات به بیماران و مدیریت نیروهای خدماتی و پشتیبانی بیمارستان را به عهده دارند، نظارت می‌کند. مسئولان و مدیران مربوط به دفتر فروش خدمات، کارمندان بخش پزشکی و عمومی باید به مدیر اجرایی گزارش کار دهند.

۳-۵-۲ بخش حسابداری

بخش حسابداری و مالی در واقع خدمات مالی به کلیه قسمت‌های بیمارستان را به عهده دارد. بخش حسابداری و مالی ممکن است مسئولیت اجرایی نظیر دفاتر مالی، مدیریت اطلاعات و ... را بر عهده داشته باشد. در برخی از موارد با تلفیق بخش مالی و اجرایی می‌توان با تعداد نفرات کمتری به انجام فعالیت‌های هر دو واحد پرداخت.

۳-۵-۳ دفتر مالی

این دفتر به ثبت حساب و هزینه‌های خدمات مربوط به بیماران بستری در بخش‌ها و بیماران سرپایی می‌پردازد. این اتاق به عنوان مرکزی جهت انجام جریانات مالی محسوب می‌شود. فعالیت‌های این دفتر با پیچیدگی‌های زیادی همراه است. در برخی بیمارستان‌ها بخش حسابداری ممکن است با این دفتر تلفیق گردد.

۳-۵-۴ ثبت اطلاعات مربوط به بیمار

ثبت اطلاعات بیمار شامل ثبت و تکمیل فرم‌های آماده‌ای است که این اطلاعات مربوط به درمان بیماری، طبقه‌بندی اطلاعات بیمار، درج اصلاحات مربوط به آن و در نهایت ثبت آن برای کاربران مختلف می‌باشد. اطلاعات بیماران بستری در بیمارستان و بیماران سرپایی

به‌صورت جداگانه نگه‌داری می‌شود.

اطلاعات بیماران یا نقطه نظرات پزشکان به صورت دست نویس یا الکترونیکی ثبت شده تا در مواقع لزوم مورد استفاده قرار گیرد. این اطلاعات به صورت پرونده‌ای مستقل برای هر بیمار نگهداری می‌شود. اطلاعات مربوط به بیماران بستری در بیمارستان به بخش تشخیصی برده می‌شود تا بر حسب نیاز در بخش‌های تشخیصی شامل رادیولوژی و آزمایشگاه مورد استفاده قرار گیرد. البته ممکن است این فایل‌ها توسط این بخش‌ها نیز نگه-داری گردد. اطلاعات ثبت شده مربوط به بیماران ممکن است به صورت یک فایل مرجع در کتابخانه بیمارستان جهت استفاده پزشکان و کارمندان نگه داری گردد. ثبت اطلاعات مربوط به بیماران در منظم نمودن کارها نقش مهمی دارد.

۳-۵-۵ سیستم های ثبت اطلاعات بیمار

وجود و دسترسی به اطلاعات سریع و دقیق بیماران برای درمان مدرن و پیشرفته بیماران امری بسیار ضروری است. چرا که پرونده‌های مذکور روند تغییرات بیماری را نشان می‌دهد. راهکارهای دسترسی سریع و دقیق ویژگیهای زیر را داراست.

- توزیع و گسترش قابلیت ها و توانایی‌ها
- استفاده از ارتباطات از راه دور
- استفاده از روش بدون کاغذ
- ثبت مستقیم اطلاعات پزشکی به صورت الکترونیکی

۳-۵-۶ لابی اصلی، فضای پذیرش بیمار و فضای انتظار

اولین برنامه بخش بستری بیمار، ثبت نام و پذیرش بیماران و هماهنگی‌های مربوط به ثبت اطلاعات پزشکی و مالی بیماران می‌باشد. این خدمات هم برای بیماران سرپایی و هم برای بیمارانی که نیاز به بستری شدن دارند، ارائه می‌شود. البته گاهی اوقات این خدمات برای بیماران سرپایی به صورت جداگانه انجام گرفته و بیماران بخش اورژانس نیز عموما در این بخش(بخش بیماران سرپایی) پذیرش می‌شوند. با این وجود ممکن است بخش پذیرش، دفتر مالی و دیگر پرسنل اداری یا درمانی کلیه فعالیت‌های مربوط به بیماران اورژانسی و سرپایی در کنار فعالیت‌های مربوط به بیماران بستری را به انجام برسانند. بیماران نیازمند بستری در صورتی که بعد از ساعت اداری وارد بیمارستان شوند ممکن

است توسط بخش اورژانس پذیرش گردند.

در صورتی که تعداد بیماران سرپایی در بیمارستان افزایش یابد و سهم زیادی از کارها باقی بماند، ایستگاه های موقتی در بیمارستان ایجاد شده تا در این فضاهای مجزا به سرعت مراحل مختلفی اعم از پذیرش بیمار، ثبت اطلاعات بیمار، تشخیص بیماری، به انجام رسد. همچنین در صورت نیاز به بستری شدن بیماران، ایستگاهی برای تایید بیمه و برنامه‌ریزی‌ها و نظارت وجود خواهد داشت.

اهمیت این مطلب از آنرو است که لازم است این فضاها و حجم زیاد جمعیت مستقر در آنها در شرایط آسایشی باشند و عفونت و آلودگی در آنها به دقت کنترل گردد. این مطلب یکی از وظایف خطیر سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی است.

۳-۵-۷ خدمات بیماران سرپایی

خدمات ارائه شده به بیماران سرپایی خدماتی ۲٤ ساعته و شامل بازه وسیعی از عملکردها می باشد. این عملکردها در واقع از پذیرش بیمار، ثبت اطلاعات مربوط به بیمار شروع و تا برنامه ریزی و پرداخت صورت حساب توسط بیمار در پایان ارائه خدمات می-باشد. همچنین این خدمات شامل تشخیص بیماری شامل آزمایشات متعدد، مشورت با پزشک و نمونه برداری از قسمت های مختلف بدن نیز می‌باشد. همانطور که قبلا بیان شد در بخش بیماران سرپایی خدماتی مربوط به عمل های جراحی نیز ارائه می‌شود.

۳-۵-۸ بخش آموزش

این بخش شامل ارائه خدمات آموزشی به بیمار و برنامه های آموزشی جمعی می‌باشد. این بخش ارتباط نزدیکی با بخش پرستاری داشته که نقش مهمی را در ارائه خدمات آموزشی ایفا می‌کند. در برخی موسسات درمانی، ارائه خدمات به بیمار و آموزش جمعی توسط بخش‌های خدمات پزشکی بر طبق نظر متخصصان انجام می‌شود. امروزه تنوع زیادی در طراحی بخش آموزش وجود دارد. برخی از موسسات درمانی از اتاق‌های کنفرانس، فضاهای مربوط به سالن غذاخوری و دیگر مکان‌ها جهت اتاق درس استفاده می-شود. این تنوع ممکن است به‌واسطه نوع خدمات پزشکی باشد که مخصوص آن بیمارستان است. همچنین بیمارستان‌ها ممکن است برنامه‌هایی را در اتاق‌های بزرگ جهت جلسات برای پزشکان و مقامات ارشد بیمارستان داشته باشند.

۳-۶ خدمات پشتیبانی

۳-۶-۱ بخش غذایی (کافه تریا، آشپزخانه و انبار مواد غذایی)

بخش مواد غذایی در واقع وعده‌های غذایی را برای بیماران بستری در بیمارستان و پرسنل فراهم می‌کند. وعده‌های غذایی بیماران عموما در اتاق بیمار سرو می شود. البته واحدهایی مانند روان‌پزشکی و توان‌بخشی ممکن است اتاق جداگانه ای برای غذاخوردن داشته باشند. برخی از بیمارستان‌ها نیز دارای محل‌های فروش غذا، کافه تریا و فروشگاه-هایی هستند که خدمات غذادهی را بر عهده دارند.

تجهیزات ثابت که برای پختن و نگهداری غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند، به امکانات تاسیساتی نظیر برق، گاز، آب و فاضلاب نیاز دارند. به همین دلیل طراحی این فضاها دارای مشکلات و هزینه‌های بالای مختص به خود است. همچنین در فضای آشپزخانه باید الزامات مربوط به نصب سیستم‌های اعلام یا اطفاء حریق باشد و باید از مقررات مشخصی تبعیت کند.

سیستم‌های مختلفی برای آماده‌سازی، حمل و خدمات مربوط به وعده‌های غذایی بیماران بستری و کافه تریا در بیمارستان وجود دارد. در بخش‌های بیمارستانی بزرگ، غذا ممکن است به صورت بسته بندی شده یا منجمد شده آماده گردد تا بتوان آن را هم به صورت انفرادی(مختص به هر بیمار) و هم یکجا سرو نمود. در این روش بسته‌های غذا حمل، یخ زدایی و گرم شده و در آشپزخانه اصلی یا سیار در واحد پرستاری بین بیماران تقسیم می-گردد. امروزه سیستم برنامه‌ریزی پیشرفته‌ای استفاده می‌شود که در این فرایند فعالیت‌هایی نظیر آماده سازی و پخت سریع غذا قبل از حمل انجام شده و نهایتا این غذا به دست بیماران می‌رسد. در طی این فرایند غذای سرد و گرم در سینی‌های مخصوص غذادهی به اتاق بیماران حمل می‌گردد. نوشیدنی‌ها نیز همراه سینی غذا یا در سینی‌های جداگانه در آشپزخانه واحد پرستاری سرو می‌گردد. غذا ممکن است یکجا به واحد پرستاری برده شده و در آشپزخانه سیار مستقر در آنجا آماده و نهایتا بین بیماران تقسیم شود.

خدمات کافه تریا نیز شامل تهیه و فروش غذای اصلی، سالادها، دسرها، نوشیدنی ها و غذاهای آماده (فست فود) می‌باشد. بهتر نمودن روند خدمات غذادهی به معنای افزایش تنوع غذایی، بهبود کیفیت غذا و ارائه بهتر خدمات در کافه تریای رستوران می‌باشد.

۳-۶-۲ خدمات استریل کردن مرکزی

این خدمات جهت تمیز نمودن وسایل و تجهیزات مورد استفاده در عمل‌های جراحی، اورژانس و بخش‌های وابسته به آن می‌باشد. خدمات مربوط به استریل کردن شامل موارد زیر است:

- تمیز کردن ابزار جراحی و چرخ‌های حمل وسایل مامایی، جداسازی آشغال‌ها، تمیز نمودن ملحفه‌ها، سایر تجهیزات و ابزار آلات
- زدودن آلودگی وسایل و شستن چرخ‌های حمل
- تمیز کردن وسایل با اشعه و تمیز کردن بوسیله یک استریل کننده یا شستشو دهنده
- استریل نمودن، برچسب زدن و ذخیره بسته‌های جراحی
- آماده سازی چرخ‌های حمل به منظور فرستادن دستگاه‌ها و ابزار مختلف به بخش-های مختلف
- آماده سازی ملحفه‌ها و بسته بندی آن‌ها برای استفاده بیماران
- کنترل موجودی انبار و نظارت بر آن‌ها

۳-۶-۳ مدیریت مواد اولیه

مدیریت مواد اولیه شامل خریداری، دریافت، ذخیره‌سازی، پخش نمودن و محاسبه موجودی انبار می‌باشد. این واحد ممکن است حتی مسئولیت خرید تجهیزات و مصالح ساختمانی را نیز بر عهده داشته باشد.

البته در برخی بیمارستان‌ها ذخیره‌سازی و پخش کردن مواد قابل استفاده بیمار بر عهده واحد خدمات استریل مرکزی می‌باشد.

عملیات ذخیره مواد اولیه شامل مراحل مختلفی است. مواد باز و بسته بندی نشده به محل مخصوص ذخیره خود و مواد بسته بندی نیز به انبار مخصوص خود برده می‌شود. مواد ذخیره شده از قفسه‌های مخصوص خود طبق برنامه خاصی برداشته می‌شود.

۳-۶-۴ داروخانه

داروخانه مسئولیت سفارش، کنترل و آماده سازی دارو جهت توزیع برای بیماران

بستری در بیمارستان و بیماران موجود در اورژانس را به عهده دارد.

ثبت اطلاعات از جمله امور مهم فعالیت‌های این بخش است. در این بخش تمامی اطلاعات اعم از نوع دارو با نسخه یا بدون نسخه و پرداخت پول دارو به صورت کامپیوتری ثبت می-گردد.

سه سیستم متداول با توجه به فضای این بخش وجود دارد: سیستم سنتی، سیستم دوز واحد و سیستم سیار.

در سیستم سنتی، داروهای مورد نیاز به واحد پرستاری انتقال داده می‌شود. اندازه داروها به مقدار نیاز بخش بستری بیمار است و داروها تا اتمام مصرف در واحد پرستاری می‌ماند. در واحد پرستاری دوزهای مشخصی از دارو طبق نسخه پزشک در اختیار بیمار قرار می‌گیرد.

در سیستم دوز واحد، دوزهای مشخصی از دارو بسته بندی شده و برای هر بیمار مورد استفاده قرار می‌گیرد. برنامه خاص استفاده از دارو ممکن است در یک بسته گنجانده شود. پرسنل بخش پرستاری دوز مورد نظر را بر حسب نسخه پزشک به بیمار می‌دهند. سیستم حمل دارو شامل بسته‌هایی با برچسب می‌باشد. هر بسته محتوی داروهایی است که بایستی در زمان مشخص به بیمار داده شود. بسته‌های خالی دارو نیز برای تایید ناظر و پرداخت صورت حساب برگردانده می‌شود.

سیستم سیار به معنای وجود داروخانه‌ای کوچک در واحدهای پرستاری بیماران بستری می‌باشد. سیستم سیار می‌تواند در بخش‌های خاصی نظیر اورژانس و اتاق جراحی نیز وجود داشته باشد. سیستم سیار توسط داروسازان تمام وقت یا پاره وقت نظارت می‌گردد. ذخایر دارویی موجود در این بخش عموما توسط همان بخش مدیریت می‌شود. در این حالت وظیفه داروخانه مرکزی، فراهم نمودن داروهای خاص، دریافت داروها، کنترل، نظارت و ذخیره آن ها و نهایتا انتقال آنها به بخش پرستاری است.

۳-۶-۵ خدمات مربوط به تمیز کردن محیط و ملحفه‌ها

این خدمات شامل نظافت فضا و تجهیزات و تعویض ملحفه‌هاست. در واقع وظیفه بخش نظافت، خدمات روزمره مربوط به تمیز کردن و برداشتن آشغال از داخل اتاق‌ها و راهروهای بیمارستان می‌باشد. در برخی بیمارستان‌ها این خدمات به صورت مکانیکی و الکترونیکی انجام می‌شود. خدمات نظافت در دفاتر اداری بیمارستان و ساختمان اورژانس

نیز از جمله فعالیت‌های این واحد است.

خدمات مربوط به تمیز نمودن ملحفه‌ها شامل تعویض ملحفه‌های تخت، جمع آوری ملحفه تخت‌ها و دیگر چیزها نظیر حوله‌ها، پتوها، بالش‌ها می‌باشد. بخش شستشو نیز شامل دریافت ملحفه‌ها و شستشوی آن‌ها، ذخیره ملحفه‌های تمیز و توزیع آن‌ها و نگه‌داری یکسری ملحفه برای مواقع ضروری می‌باشد.

خدمات مربوط به ملحفه‌ها در یک بخش مرکزی انجام می‌شود که ملحفه‌های تمیز را از کثیف جدا نموده و مجددا پس از شستشو ذخیره سازی می‌کند. ملحفه‌های کثیف جمع‌آوری شده و سپس جهت شستشو به قسمت شستشو برده می‌شود.

بخش خدمات نظافت با بخش انبار تجهیزات و ذخیره‌سازی در ارتباط است. وسایل و تجهیزات مربوط به فعالیت‌های نظافت در قفسه‌های مشخصی نگه‌داری می‌شود.

۳-۶-۶ خدمات مهندسی و نگه‌داری

این خدمات شامل کنترل و راه اندازی سیستم‌های مربوط به سرمایش، گرمایش، تعویض هوا، آب مصرفی، بخار، شبکه برق شهری و اضطراری، سیستم روشنایی و دیگر سیستم-های تاسیساتی ساختمان می‌باشد. این بخش، خدمات نگهداری دیگری را نیز اعم از حفاظت و نگهبانی دارایی‌های ساختمان و حفاظت روزمره برعهده دارد. همچنین این واحد مسئول امور مربوط به حفاظت از فضای سبز، چمن‌زنی، برف‌روبی، نصب تابلوهای راهنما و مراقبت از پیاده‌روها نیز می‌باشد.

یک واحد مجزای تخصصی نیز در این بخش خدماتی وجود دارد که وظیفه آن آزمایش و مطالعه و تعمیر تجهیزات پزشکی مشخص است. این بخش معمولا به نام مهندسی بیوپزشکی معروف است.

مدیر بخش مهندسی در واقع وظیفه مربوط به ایمنی و امنیت ساختمان را از نظر ساخت به عهده دارد. خدمات مهندسی نیازمند فضایی برای نگه‌داری و ذخیره‌سازی وسایل و مواد می‌باشد. همچنین فضایی برای نجاری، نقاشی و جوشکاری و .. باید در نظر گرفت. البته نگه‌داری مایعات خطرناک، وسایل نقلیه و تجهیزات مربوط به سوخت باید در محیط بیرون از ساختمان انجام شود.

۳-۶-۷ بخش کالبدشکافی/ سردخانه اجساد

سردخانه اجساد، در واقع فضایی برای آماده‌سازی، نگه‌داری و حتی کالبد شکافی اجسادی است که با هدف مشخص نمودن علت مرگ یا مطالعه و تحقیق بر روی آنها نگه-داری می‌گردد. بیمارانی که در بیمارستان فوت می‌کنند بایستی از طریق راهروها یا آسانسورهای مخصوص به این مکان انتقال یابند. معمولا از وسایلی مخصوص جهت حمل استفاده می‌شود. محل انتقال جسد معمولا از مسیرهای پرترافیک معمول در بیمارستان نبوده و الزاماتی برای دریافت جسد، ذخیره و خروج آن وجود دارد.

اتاق کالبدشکافی نیازمند مراقبت ویژه می‌باشد. بزرگترین خطری که این اتاق را تهدید می‌کند وجود میکروارگانیزم‌های عفونی می‌باشد. مایکوباکتریوم توبرکلوزیس یکی از این خطرات محسوب می‌شود. برای نگه‌داری بافت مرده از موادی شیمیایی نظیر فرمالدئید یا فنول استفاده می‌شود. چنین موادی ممکن است از هوا سنگین‌تر باشد و سیستم تعویض و تخلیه هوای خاص خود را بطلبد.

۳-۶-۸ مکان تخلیه و فشرده سازی آشغال و پسماند

بخش‌های بیمارستانی، مقدار زیادی مواد زائد جامد تولید می‌کند. برخی از این ضایعات شامل ضایعات دارویی است که بایستی طبق مقررات، تخلیه گردد. در بیشتر بیمارستان‌ها سیستم‌های تخلیه زباله خاصی نصب می‌گردد که این مواد را به صورت ضایعات غیرمضر در آورده که می‌توان آنها را با سایر زباله‌ها دفع نمود. دستگاه فشرده ساز معمولا ضایعات را به صورت قابل حمل در می‌آورد. در ضمن این دستگاه بایستی در محلی قرار گیرد که دارای سهولت دسترسی به جاده اصلی و کامیون‌های بزرگ باشد.

۴ مروری بر سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع در ساختمان‌های درمانی

۴-۱ مقدمه

سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع موجود در بخش‌های درمانی باید بازه متنوعی از کاربری و ظرفیت کاری را پوشش دهند. می‌توان بیان نمود که این‌گونه سیستم‌ها به‌دلیل دارا بودن استاندارد بالای عملکردی، از بسیاری جهات منحصر به فرد می‌باشند. چرا که ساختمانی نیست که سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی آن، این‌قدر نقش ویژه در تامین سلامتی و ایمنی انسان‌ها داشته باشد. تنوع و میزان سطح انتظارات از کارکرد این‌گونه سیستم‌ها، طبیعت بارهای گرمایی و سرمایی و شرایط طرح محیط داخل ساختمان‌های درمانی، الزامات مختص بیمارستان، لزوم رعایت الزامات بهداشتی در سیستم‌های تاسیساتی و وجود تنوع کاربری در یک ساختمان بیمارستانی (از انواع محیط-های درمانی گرفته تا بخش‌های اداری) باعث می‌شود که طراحی، نصب و راه‌اندازی سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع نسبت به سایر ساختمانها متفاوت و پیچیده تر باشد. در این فصل از دستورالعمل مقدمه‌ای از انتظارات و خدمات ضروری که یک سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی باید به بخش های مختلف درمانی بدهد ارائه می‌شود. هم‌چنین در این فصل به نکاتی که باید در طراحی مدنظر قرار گیرد، پرداخته خواهد شد.

۴-۱-۱ وظایف ضروری سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

همانند سایر ساختمان‌ها، در بخش‌های درمانی انتظار می‌رود که این تجهیزات تاسیساتی موجب ایجاد آسایش محیطی از طریق کنترل دما، حرکت هوا، رطوبت نسبی، صدا و نهایتا از بین بردن بوهای نامطبوع در ساختمان شود. کنترل محیطی بسیار مهم بوده چراکه نه تنها باعث فراهم آمدن آسایش بیماران می‌شود بلکه در تسریع مرحله بهبودی بیمار نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. به علاوه سیستم‌های تهویه مطبوع در امور پزشکی، انجام آزمایشات تشخیصی و همچنین ایجاد شرایطی محیطی که تضمین کننده سلامت و ایمنی بیمار است نقشی کلیدی دارد. پاره‌ای از این انتظارات به شرح ذیل می‌باشد:

- **کنترل عفونت**: بخش‌های درمانی، دارای سطح نسبتا بالایی از عوامل بیماری‌زا و میکروارگانیزم‌ها می‌باشند. بنابراین اجرای قوانین مربوط به سلامت و ایمنی جمعیت بیماران و پرسنل بسیار مهم است. سیستم تهویه مطبوع یکی از ابزار مهم در کنترل عوامل عفونی می‌باشد.
- **کنترل محیطی جهت امور پزشکی خاص**: عملیات پزشکی خاص، درمان بیماری یا مرحله نقاهت بیماری بستگی به شرایط دمایی و رطوبتی کنترل شده داشته که مقوله‌ای فراتر از فراهم کردن آسایش بیماران می‌باشد.
- **کنترل خطر**: در بسیاری از بخش‌های درمانی، مواد شیمیایی، فوم‌ها و ذرات مایعی تولید می‌شود که حضور این مواد در هوا، سلامت انسان را به خطر می‌اندازد. تجهیزات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی معمولا به حذف یا رقیق سازی غلظت این مواد آلوده‌کننده از محیط می‌پردازد و مقدار این مواد را در محیط به سطح ایمن خود می-رساند.
- **ایمنی جانی**: سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی می‌تواند به تشخیص وجود دود و آتش بپردازد. این سیستم باید شرایط خروج دود از طریق دودکش و فضاهای بسته را فراهم آورد. در مهندسی کنترل دود، با کنترل فشار فضاهای مختلف (فشار مثبت یا منفی کردن) می‌توان از سویی باعث عدم ورود دود به بخش‌های مختلف درمانی و از سوی دیگر باعث خروج دود از کل ساختمان گردید.

بسته به نوع بخش‌های درمانی، تعداد بیماران و نوع خدمات پزشکی ارائه شده، انتظارات از سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی متفاوت می‌باشد. که این امر بر پیچیدگی طراحی این‌گونه سیستم‌ها نسبت به دیگر ساختمان‌ها می‌افزاید.

۴-۱-۲ طبقه بندی کلی بخش‌های درمانی

بخش‌های درمانی دارای محدوده عملکردی گسترده‌ای می‌باشند که بر اساس خدماتی که ارائه می‌دهند و درجه بیماری و صدمه‌ای که به انسان‌ها وارد می‌آورند، طبقه‌بندی می‌شوند. به‌عنوان یک قاعده کلی، الزامات کنترل محیطی و به تبع آن نقش سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی در حفظ ایمنی و کنترل آلودگی با افزایش پیچیدگی خدمات درمانی و افزایش جمعیت بیماران گسترده‌تر می‌شود.

در فصل سوم طبقه بندی بخش‌های درمانی و سایر بخش‌های بیمارستانی به صورتی کامل ذکر گردیده که می‌توان به آن رجوع نمود.

۴-۲ عفونت و خطرات ایمنی

بخش‌های درمانی که دارای توده بیماران خاص خود هستند، به‌دلیل فرایند درمانی که در آنجا طی می‌شود همواره در معرض مواد بیولوژیکی، شیمیایی یا تشعشعات مضر که ایمنی و سلامت انسان را تهدید می‌کند، قرار دارند. ممکن است مواد شیمیایی دیگری نیز از محیط پیرامون یا ناشی از مصالح ساختمانی بکار رفته در ساخت بخش‌های درمانی (بدلیل انتخاب و طراحی غلط) وارد فضای درمانی شده و سلامت افراد حاضر در آن محل را به مخاطره بیافکند. به‌عنوان مثالی در این رابطه می‌توان به نشت یا ورود مواد شیمیایی موجود در آزمایشگاه‌ها به سایر بخش‌های درمانی، نشت گاز بیهوشی یا گاز مونوکسیدکربن حاصل از کار دیگ موتورخانه از فضای بیرونی به داخل ساختمان اشاره نمود. ممکن است بدلیل عدم وجود لایه محافظ در برابر تشعشعات اتمی به‌کار رفته در روش‌های پرتودرمانی، اشعه X یا سایر تشعشعات از جدار اتاق مربوط گذر کرده و افراد مستقر در بیمارستان را تحت تاثیر قرار دهد که این امر بسیار مضر است.

البته این بخش از دستورالعمل به کنترل خطرات بیولوژیکی ناشی از میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا با منشاء بیمارستانی می‌پردازد. در این دستورالعمل منظور از ذرات آلاینده، ذرات بیماری‌زای هوابرد می‌باشد.

۴-۲-۱ منابع عفونی

اولین منبع آلاینده بیماری‌زا در محیط درمانی، همان فرد بیماری است که به بیمارستان رجوع می‌کند. به‌علاوه می‌توان از منابعی دیگر نیز نظیر میکروب‌هایی که توسط هر فردی

حمل می‌شوند، ذرات آلاینده‌ای که در هوا یا آب بیرون از ساختمان موجودند و به داخل ساختمان راه می‌یابند و هم‌چنین آلودگی‌هایی که در داخل ساختمان تولید می‌شوند به‌عنوان منابع آلاینده نام برد. به‌همین دلیل در محیط‌های درمانی دقت نظر بیشتری دراین‌باره نسبت به سایر ساختمان‌ها می‌شود. چرا که به‌دلیل حضور توده جمعیتی بیماران در مراکز و بخش‌های درمانی، وجود این منابع آلاینده بنا به دلایل زیر موجب بروز بیماری در سطح وسیعی از افراد می‌شود:

- بیماران دارای زخم‌های باز ناشی از صدمات جسمی، سوختگی یا برش‌های جراحی، مستعد جذب انواع میکروب‌ها و داخل شدن آن‌ها از طریق پوست شکافته شده و ناحیه زخم به داخل بدن می‌باشند.
- در برخی از بیماران، سیستم دفاعی طبیعی بدن به‌دلیل وجود بیماری ضعیف شده، آسیب دیده یا تحت درمان است و نتیجتا توانایی مبارزه و دفع بیماری در بدن کاهش یافته است. حتی در برخی موارد نظیر بیماران پیوند مغز استخوان، سیستم دفاعی بدن کاملا از کار انداخته می‌شود. در صورت تماس این بیماران با عوامل آلاینده، قطعا بیمار دچار تهدید جدی خواهد شد.
- بیماری‌های مسری که برای عامه مردم خطر جدی ندارند(نظیر سرخک، آبله مرغان و ...)، ممکن است باعث آسیب به مادران بارداری شود که به بیمارستان برای خدمات درمانی خاص خود مراجعه نموده‌اند.

باید خاطر نشان نمود که بیماری‌ها و آلاینده‌ها نه تنها باعث بروز خطر برای بیماران می‌شود، بلکه ممکن است کارکنان و پزشکان بیمارستان را نیز تحت تاثیر قرار دهد. لذا کنترل شرایط محیطی از این منظر نیز ضروری است.

۲-۲-۴ شیوه‌های انتقال بیماری: تماس مستقیم و هوابرد

ممکن است بیماری به دو شیوه اصلی تماس مستقیم یا هوابرد انتقال یابد. انتقال بیماری تابعی از طبیعت ذرات آلاینده و/یا نحوه ورود یا حضور آن آلاینده داخل ساختمان بخش درمانی است.

انتقال تماس مستقیم وقتی رخ میدهد که عامل بیماری‌زا از راه زخم، جراحت باز یا قسمت آسیب پذیر بدن(دهان، چشم و ...) و توسط دست شسته نشده، سیالات آلاینده بدن، قطرات عطسه یا سرفه یا سایر مواد و وسایل آلوده وارد بدن می‌شود. مواردی که ذیلا ذکر شده مثال‌هایی در این‌باره هستند:

- **تماس دست**: وقتی که دست‌ها شسته نشده باشند، به‌واسطه تماس با منابع آلاینده (نظیر بیمار یا سطوح تجهیزات آلوده)، خود حامل این ذرات آلاینده شده و می‌تواند به بدن خود شخص یا دیگری این ذرات بیماری‌زا را انتقال دهد.
- **تماس اجزاء آسیب پذیر بدن با سیالات بدن آلوده**: این حالت وقتی رخ می‌دهد که مثلا قطرات خون آلوده نمونه آزمایشگاهی، بدن فرد دیگری را تحت تاثیر قرار دهد.
- **سوزن سرنگ**: ممکن است سوزن سرنگی که برای درمان بیماری به‌کار رفته، تصادفا به بدن شخص دیگری برخورد کند و بیماری به بدن این فرد منتقل شود.
- **انتقال از طریق حشرات**: حشرات از طریق نیش زدن یا انتقال مستقیم عوامل بیماری‌زا و آلاینده(نظیر زباله یا ذراتی آلاینده حیوانی و ...) به غذای انسان می‌تواند باعث بیماری گردد.
- **تماس قطرات مایع آلوده موجود در عطسه، سرفه یا صحبت کردن فرد بیمار**: این قطرات که بیش از ۵ میکرون قطر دارند به سرعت در هوا پخش می‌شوند. به عنوان مثال یک عطسه حدود ۱۰۰۰۰۰ ذره و یک سرفه نیز حدود ۱۰۰۰۰ ذره در دقیقه تولید می‌کند. این ذرات سریعا می‌توانند دیگران را آلوده نمایند.

تحقیقات نشان می‌دهد که بخش اعظم آلودگی‌ها در نتیجه تماس مستقیم افراد است و در این میان شسته نبودن دست افراد بزرگترین عامل انتقال است.

انتقال هوابرد: معمولا در نتیجه تنفس، ذرات آلاینده نظیر باکتری‌های بیماری‌زا، قارچ‌ها و ویروس‌ها با اندازه‌ای در حدود ۱ تا ۵ میکرون تولید شده که بیشتر آن‌ها به صورت معلق در هوا باقی می‌مانند. با چسبیدن به ذرات و گرد و غبار آلی و غیر آلی یا ذراتی مانند دوده، سلول‌های پوستی یا دیگر ذرات، به شکل بزرگتری در می‌آیند. این ذرات با تنفس عمیق وارد شش‌ها شده و در صورت رسیدن به تعداد و حجم بالا بر سیستم ایمنی بدن بیمار غلبه نموده و سبب بیماری شوند. انتقال عوامل میکروبی موجود در هوا بواسطه موارد ذیل می باشد.

- **عطسه، سرفه و صحبت با فرد بیمار**: این اعمال موجب تولید ذرات آلاینده سبک شده که به صورت معلق در هوا پراکنده هستند و از طریق ذرات آلاینده در محیط به صورت مستقیم گسترده می‌یابد.

- **ذرات میکروبی معلق در هوا**: این ذرات همراه با گرد و خاک و آشغال‌های ریز موجود در ساختمان روی تجهیزات پزشکی می‌نشیند و با فعالیت‌هایی نظیر تمیز کردن فضا و مرتب نمودن تخت‌های بیمارستانی در هوا معلق می‌گردد.
- **اسپری قطرات آب آلوده**: این عمل از طریق سر دوشی حمام، رطوبت‌زن‌ها، یا خنک-کننده‌های تبخیری (نظیر برج خنک کن) صورت می‌پذیرد. ورود قطرات مایع آلوده یا قطرات عفونی به هوا در خلال جراحی یا کالبد شکافی نیز می‌تواند تولید شود. این امر به‌خصوص از طریق براده‌های بسیار ریز وسایل و ابزار برش و جراحی آلوده صورت می‌گیرد. این ذرات ریز به‌راحتی در حین جراحی و کالبد شکافی به هوا وارد می‌شوند.
- **حضور پوسته‌های زیر جدا شده از پوست در هوا**: وجود و تولید پوسته‌هایی از بافت مرده پوست بر روی سطح خارجی بدن انسان باعث می‌شود که هر انسان به طور متوسط ۱۰۰۰ پوسته را به ازای هر ساعت وارد محیط کند که این پوسته‌ها می‌توانند حامل آلودگی باشند.
- **تجمع آلودگی در تجهیزات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع**: اجزاء مختلف این-گونه سیستم‌ها، محل مناسبی است برای تجمع رطوبت و آلودگی می‌باشد. کویل سرمایشی، فیلترهای مرطوب و محیط‌های متخلخل(نظیر انواع پدهای سلولزی) که در مواجهه مستقیم با رطوبت قرار دارند از جمله مکان‌های مستعد جذب آلودگی و رطوبت می‌باشد.

موارد مذکور در واقع مسیرهای ورود میکروب و آلودگی‌های هوابرد هستند که سیستم-های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی باید بتواند آنها را کنترل نماید و شرایط سلامت و مراقبت بیماران تامین را تامین کند.

۴-۲-۳ طبقه بندی بر اساس مواجهه با آلودگی

هر بیماری به واسطه حضور سطح مناسبی از ذرات بیماری‌زا، تعداد مناسبی از میکروارگانیزم‌های آلاینده یا تعداد مشخصی از ذرات آلاینده بر واحد حجم هوا به وجود می‌آید. سطح عملکرد CDC یکی از شاخص‌ها برای تعیین توان آلایندگی یا عدم آلایندگی ذرات مختلف می‌باشد. به عنوان مثال سطح عملکرد CDC برای باسیلوس توبرکلوزیس یا ویروس ایبولا یک واحد است. واحد آلایندگی سایر آلاینده‌ها از یک میکروب تا هزاران میکروب بسته به گونه میکروارگانیزم متغیر می‌باشد.

۴-۳ کنترل آلاینده‌ها

۴-۳-۱ نگرش کلی

در هر بخش سلامت و مراقبت بهداشتی حرفه‌ای، بازه وسیعی از تجهیزات خاص، کنترل-های مهندسی و قوانین عملکردی سخت و روش‌های خاصی برای کنترل آلودگی به کار بسته می‌شود. الزامات مربوط به تجهیزات کنترل آلودگی و قوانین مربوط به آن باید توسط سازمان‌های مرتبط دولتی به شکل قانون و مقررات مدون و بیان می‌شود. همچنین استانداردهای مربوط به کنترل‌های مهندسی در این زمینه نیز باید توسط همین مرجع قانونی مدون گردد. برخی از روش‌های متداول در زمینه کنترل آلودگی به شرح زیر است:

- فرایندهای جراحی، درمان پزشکی، ابزار تشخیص بیماری، دستگاه‌های پزشکی باید استریل و ضدعفونی شود.
- شستن دست‌ها و بخش مربوط به ضدعفونی دست‌ها در بخش جراحی قبل از تماس آن با بیمار
- پوشیدن گان(لباس مخصوص جراحی) و سایر ابزار استریل نظیر ماسک‌ها، پوشش پا و مو و استفاده از دستکش استریل برای هر جراحی
- به کار بستن روش های استریل سازی و روش های ضدعفونی زخم
- تدوین و اجرای مقررات دولتی و صنعتی در کنترل شرایط حمل و کار با مواد آلاینده و همچنین نحوه ذخیره‌سازی و دفع کردن این مواد بسیار مهم و ضروری است. این مواد آلاینده نظیر برخی لباس‌های استفاده شده، سوزن سرنگ و نمونه‌های مواد بیماری‌زا و محصولات خونی می‌باشد. همچنین باید مقرراتی برای سلامت کارگران و پرسنل بیمارستان نیز تدوین و اعمال گردد.
- ضدعفونی نمودن اتاق‌ها و سطوح تجهیزات مورد استفاده در جراحی و دیگر اتاق‌های درمانی یا اتاق‌های تشخیص بیماری قبل از استفاده.
- تمیز نمودن، اعمال شرایط بهداشتی، شستشو، آلودگی زدایی از جمله فعالیت‌هایی است که در خلال مرتب نمودن بخش‌های درمانی باید به انجام رسد.
- جداسازی مواد آلوده از مواد تمیز و همچنین طراحی فضا و مسیر بیمارستان به صورتی که مکان‌های تمیز از کثیف تفکیک داده شود.

- جداسازی فضای مربوط به بیماری‌های مسری از باقی فضاها. طراحی به صورتی باید باشد که از گسترش عفونت ممانعت گردد.
- ایزوله نمودن بیمار در بیماری‌هایی که سیستم ایمنی بدن ضعیف شده است. در این فضاها میکروب‌های بیماری‌زای موجود در هوا باید به حداقل مقدار برسد.
- کنترل جریان هوا، تصفیه، تخلیه و رقیق سازی هوا در حین تعویض هوا بمنظور کاهش مواجهه با عوامل آلاینده هوابرد.
- تنظیم دما و رطوبت نسبی در اتاق جراحی و دیگر فضاها به نحوی که به عملکرد سیستم ایمنی بدن کمک نماید تا مانع انتقال عوامل بیماری‌زا شود.

موارد یاد شده فوق کامل نبوده اما حاکی از این واقعیت است که سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی مهم‌ترین عامل در کنترل عوامل آلاینده می‌باشد. طراحی و حضور یک سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی مناسب به کنترل عوامل آلاینده کمک نموده و به کاهش تعداد میکروارگانیزم ها منجر می‌شود.

۴-۳-۲ نقش سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع در کنترل عفونت و عوامل خطرناک

همانگونه که قبلا بیان گردید، سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی به کنترل عوامل آلاینده و خطرناک در بیمارستان ها کمک می‌کند. این سیستم نقش خود را از طریق انجام دقیق و پایش فرایندهایی نظیر رقیق‌سازی آلودگی‌های هوابرد داخلی از طریق تعویض هوا، تخلیه هوا و آلاینده‌های موجود در آن، کنترل جریان هوا و تصفیه هوا ایفا می‌کند. این فرایندها توام با کنترل دما و رطوبت نسبی انجام می‌شود. ذیلا این فرایندها به شکلی اجمالی توضیح داده می‌شود:

تعویض هوای رقیق‌ساز: این فرایند همراه با تخلیه هوای دارای مواد آلاینده است. در روند مذکور هوای تخلیه شده جای خود را به هوای جبرانی از محیط بیرون با غلظت کم ذرات آلاینده می‌دهد و بدین صورت غلظت مواد آلاینده هوابرد کاهش می‌یابد. ضریب تاثیر هوادهی سیستم رابطه مستقیمی با عملکرد میزان هوای جبرانی دارد که با هوای داخل اتاق مخلوط می‌شود. بر اساس کاربرد و انتظارات بخش پزشکی خاص و طبیعت مواد آلاینده، ممکن است در سیستم از ۱۰۰٪ هوای تازه استفاده شود یا اینکه میزانی از هوای تازه جبرانی با مقداری از هوای بازگردانی شدهِ تصفیه شده ترکیب شود.

جریان هوای جهت‌دار: جریان هوای جهت‌دار در واقع به جریان هوای گفته می‌شود که

جهت آن به داخل یا خارج اتاق کنترل شود. همچنین می‌توان هوایی که از مناطق تمیز اتاق در جهت مشخص عبور داده می‌شود (بر طبق الزامات عملکردی خاص) را نیز جریان هوای جهت‌دار نامید. جریان هوای جهت‌دار سه کاربرد مهم دارد:

- ایجاد جریان هوای جهت‌دار به داخل یا به خارج اتاق از طریق همان اتاق یا اتاق مجاور انجام می‌شود. جریان هوای جهت‌دار با ایجاد اختلاف فشار بین دو فضای مجاور ایجاد می‌شود. جریان هوای جهت‌دار به سمت خارج از فضای مورد نظر (ایجاد اختلاف فشار نسبی مثبت) زمانی کاربرد دارد که فضای داخلی نیازمند حفاظت از مواد آلاینده هوابرد باشد. همچنین جریان هوای جهت‌دار به داخل فضا (ایجاد اختلاف فشار نسبی منفی) زمانی که از الزام برای جلوگیری از انتشار مواد آلاینده هوابرد داخل اتاق به فضاهای مجاور مد نظر باشد، کاربرد دارد. ایجاد اختلاف فشار نسبت به فضاهای مجاور آن، تنها به میزان جریان هوای رفت و برگشت بستگی ندارد، بلکه به میزان هوابندی اتاق یا فضای مورد نظر نیز بستگی تام دارد. اختلاف جریان قابل قبول برای تولید جریان هوای جهت‌دار میان فضاها حداقل حدود ۳۵ L/S (۷۵ CFM) با اختلاف فشاری معادل ۲/۵ پاسکال (۰/۰۱ w.g.) می‌باشد.
- در داخل اتاق‌ها، جریان هوای جهت‌دار در حقیقت جریان آرام می‌باشد و سرعت آن بسیار ناچیز است. این امر توسط دریچه‌های هوای مناسب به انجام می‌رسد. این نوع جریان هوا اصطلاحا باعث شستشوی هوای اتاق توسط هوای پاک بیرون شده و این جریان هوا باعث هل دادن هوای مانده داخل اتاق به سمت دریچه‌های تخلیه یا برگشت هوا می‌شود. محل دریچه‌های برگشت یا تخلیه در جایی است که حداقل تاثیر منفی را بر ساختار مناسب جریان هوای اتاق دارد. (منظور از ساختار مناسب جریان هوا، جریان هوایی است که هوای رفت بعد از ورود از طریق دریچه‌های رفت، تمامی اتاق را تحت اثر قرار داده و هوای مانده را به سمت دریچه‌های برگشت یا تخلیه هدایت کند تا بدین صورت غلظت آلاینده‌های هوابرد در اتاق به حداقل برسد.)
- اصول ایجاد جریان هوای جهت‌دار در هودهای آزمایشگاه‌ها، قفسه‌های مربوط به نگهداری تجهیزات زیستی بصورت ایمن و مطمئن یا دیگر تجهیزات کاربرد داشته و بسیار مهم است. در این‌گونه تجهیزات، سیستم تعویض هوای مناسبی نصب می‌شود که سرعت هوای نسبتا بالایی در حدود ۰/۵ متر بر ثانیه (۱۰۰ fpm) را ایجاد می‌کند تا

بخارات یا مواد آلاینده هوابرد که برای استنشاق کاربران مضر است از محیط حذف شود. نوع و اندازه این سیستم‌های تعویض هوا وابسته به شرایطی دارد که در بیمارستان از آن کاربری (نظیر آزمایشگاه و ...) مورد انتظار است و برای حصول این شرایط باید به استانداردها و مدارک فنی مربوط رجوع نمود.

سیستم تصفیه هوا با بازدهی بالا: این نوع سیستم تصفیه هوا جهت حذف بخش اعظم میکروارگانیزم‌ها از هوای رفت کاربرد دارد.

- فیلترها با ضریب کارایی حداقل ۹۰٪ تا ۹۵٪ (کارایی جذب ذرات توسط فیلترها تایید شده توسط مراجع ذیصلاح و بر طبق استانداردهای معتبر) باید به گونه ای باشند تا ۹۹/۹٪ باکتری ها و ذرات مشابه را حذف کنند. چنین فیلترهایی باید بر طبق دستورالعمل‌ها و استانداردهای مربوط انتخاب و نصب شوند تا بتوان از آنها در فضاهای درمانی، آزمایشگاهی و اتاق خواب بیماران استفاده نمود.
- فیلتر هپا که کارایی آن حداقل باید ۹۹/۹۷٪ باشد، قادر به حذف آئروسل‌های با قطر ۰/۳ میکرومتر بوده و با شرط تطابق با مقررات زیست محیطی می‌تواند در اتاق‌های عمل با رعایت مقررات خاص این فضاها نصب گردد. این فیلترها حتی در حذف باکتری‌ها و قارچ‌ها و حتی ویروس‌ها کارا هستند (این ذرات کوچکتر از ۰/۰۱ میکرونی می‌باشند و ووولی چون معمولا این میکروارگانیزم‌ها به ذرات درشتر نظیر یک قطره می‌چسبد و از از طریق هوابرد فضا را آلوده می‌کنند، لذا این فیلترها می‌توانند آنها را از هوا جدا نمایند).

ماژول فیلتر هپا و فن برگشت (حتی مدلهای قابل حمل) را می‌توان در برخی از محیط‌های مخصوص ایزوله بیماری به خصوص برای ساختمان‌های بیمارستانی که سیستم تعویض هوای نامناسبی داشته و قابلیت ارتقا ندارند بکار برد. این ترکیب فیلتر هپا و فن در داخل سیستم‌های تعویض مرکزی قرار می‌گیرد تا موجب تعویض هوای بهتر برای فضای مورد نظر گردد. بازده عملکردی این فیلترها وابسته به مقدار نشتی فیلتر دارد. بازده عملکردی حداقلی این نوع فیلتر در فصل ۸ تحت عنوان MERV مورد بحث قرار گرفته است.

اشعه ماورای بنفش میکروب‌کش(UVGI): این اشعه در کاهش میکروارگانیزم ها در سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی کاربرد فراوان یافته است. میکروارگانیزم‌های هوابرد در مواجهه با اشعه نوری با طول موج بین ۲۰۰ تا ۲۷۰ نانومتر تخریب شده و تراکم-

شان به حداقل می‌رسد. امروزه هواسازها از یک سیستم ترکیبی اشعه ماورای بنفش و فن که در کانال نصب می‌شود و در مسیر بازگردانی هوا قرار می‌گیرد استفاده می‌کنند که این امر در واقع به حذف میکروارگانیزم‌ها از هوا کمک نموده و مانع رشد آنها می‌شود. تنظیمات مربوط به این سیستم ترکیبی به‌گونه‌ای است که اشعه ممکن است ارتفاع بالای اتاق را تحت تاثیر قرار دهد ولی نباید به هیچ‌وجه هیچگونه اثری در ارتفاع پایین‌تر (که انسان‌ها در آنجا قرار دارند) داشته باشد. عموما همه تجهیزات مربوط به تولید اشعه ماورای بنفش بایستی به خوبی نگه‌داری شود به طور مثال باید گرد و خاک موجود بر روی لامپ‌ها زدوده شود و لامپ های سوخته تعویض گردد به همین دلیل این سیستمها در ایران چندان مورد استقبال و استفاده قرار نمی‌گیرند. تذکر یک نکته ضروری است و آن این‌که کارایی سیستم اشعه ماورای بنفش زمانی که رطوبت محیط بیش از ۷۰ درصد باشد، کاهش می‌یابد. به همین دلیل مقررات خاصی برای دامنه کاربری این تجهیزات وجود دارد که رعایت آن الزامی است. جهت دریافت اطلاعات بیشتر به فصل ۱۰ رجوع گردد.

تنظیم دما و رطوبت نسبی محیط: این تنظیمات به چند طریق بر توان بالقوه حضور و رشد آلاینده‌ها تاثیر می‌گذارد:

- مطالعات مختلف نشان می‌دهد که نرخ بقای میکروارگانیزم‌های هوابرد در محیط داخل اتاق در رطوبت‌های بسیار کم یا رطوبت‌های بسیار زیاد افزایش می‌یابد. البته این که کدام یک از ذرات هوابرد در رطوبت‌های کم و کدام یک در رطوبت‌های زیاد رشد بیشتری دارند، وابسته به نوع آنها (اعم از باکتری، ویروس و قارچ) است. مطالعات نشان می‌دهد که بیشتر میکروارگانیزم‌ها در رطوبت نسبی بین ٤٠ تا ۷۰ درصد دارای خاصیت آلایندگی کمتری هستند.
- در محیط هایی با رطوبت نسبی متوسط، سرعت ته نشست ذرات آلاینده افزایش می‌یابد. دلیل منطقی برای این موضوع آن است که در رطوبت بالاتر ذرات آلاینده نسبتا سنگین-تر بوده، دیرتر خشک شده و جرمشان کاهش کمتری یافته و لذا به طور معلق در هوا باقی می‌مانند.
- شرایط بیش از حد خشک نیز می‌تواند منجر به خشک شدن لایه مخاطی به‌ویژه در مجاری تنفسی گردد. در نتیجه باید قبل از اینکه ذرات آلاینده هوابرد عمیقا به داخل شش‌ها راه یابند، گرفته شوند.

- دماهای بالا یا رطوبت نسبی بیش از ٦٠ درصد در اتاق جراحی منجر به عرق کردن بیمار شده که این عامل، خطر آلودگی ناشی از میکروارگانیزم‌ها را در پوست بیمار افزایش می‌دهد.

۴-۴ حدود و دامنه مشخصه‌های عملکردی

اولین کار طراحان سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، تعیین حدود و دامنه هریک از مشخصه‌های طراحی و عملکردی می‌باشد. این مقادیر باید توسط مراجع ذیصلاح دولتی به صورت قانون، مقررات، ضابطه، دستورالعمل و ... تعیین و تدوین شده و در اختیار مهندسان قرار گیرد.

این مشخصه‌ها شامل شرایط طرح محیط داخل و بیرون، الزامات نرخ تعویض هوا، ملاحظات اقتصادی در انتخاب تجهیزات و وسایل، الزامات مربوط به ظرفیت تجهیزات پشتیبان، مشخصه‌های تابش خورشید، مقدار فشار نسبی اتاق‌ها، میزان تصفیه هوا و سایر حدود و دامنه مشخصه‌هایی است که در تعیین نوع و اندازه انواع تجهیزات بیمارستانی تاثیر دارد. از دیگر عواملی که بر روی طراحی سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع اثر می‌گذارد می‌توان به میزان و نوع عایق بندی دیواره‌ها و بازشوها، مشخصه‌های نوری اتاق-ها و همچنین الزامات تعویض و تهویه مطبوعی برای تجهیزات پزشکی خاص اشاره نمود که باید مد نظر طراحان بیمارستان قرار گیرد.

به‌علاوه در طراحی، طراحان خودشان را باید در برابر لزوم اجرای مقررات ساختمانی و درمانی تدوین شده توسط مراجع ذیصلاح پاسخگو دانسته و بایستی دیدگاه و هدف پروژه کاری خود را با مسئولین مربوط در میان بگذارند. در جدول ٤-١ خلاصه‌ای از بهترین پیشنهادات در خصوص حدود و دامنه مشخصه‌های عملکردی در بخش‌های درمانی آمده است. این جدول بیانگر میزان فشار مکان مورد نظر، حداقل نرخ تعویض هوای کل، هوای بیرون، هوای تخلیه ای و هوای بازگردانی شده، میزان رطوبت نسبی، مقدار دما می‌باشد. همچنین در این جدول راهنمایی برای برخی از فضاهای بیمارستانی و کلینیکی ارائه شده است.

جدول ٤-١ الزامات تهویه و تعویض هوا برای بخش‌های مختلف بیمارستان [۲ و ٤]

فضا یا بخش درمانی	فشار نسبت به فضاهای مجاور (الف)	حداقل نرخ تعویض هوای تازه به ازای هر ساعت (ب)	حداقل نرخ تعویض هوای کل به ازای هر ساعت (پ)	اجبار در تخلیه هوا به محیط بیرون (ژ)	امکان استفاده از هوای برگشت ساختمان (ت)	رطوبت نسبی بر حسب درصد (ژ)	دمای طرح محیط داخل بر حسب درجه سلسیوس و فارنهایت (س)
بخش جراحی و مراقبت‌های ویژه							
اتاق جراحی (با سیستم بازگردانی هوا) (ث) و (ض)	مثبت	۵	۲۵	–	خیر	۳۰–۶۰	۲۰–۲۳/۹ (۶۸–۷۵)
اتاق‌های سیستوسکوپی (ث)، (ش)، (ص) و (ض)	مثبت	۵	۲۵	بله	خیر	۳۰–۶۰	۲۰–۲۳/۹ (۶۸–۷۵)
اتاق زایمان (ش) و (ض)	مثبت	۵	۲۵	–	خیر	۳۰–۶۰	۲۰–۲۳/۹ (۶۸–۷۵)
اتاق بازیابی سلامت بیمار (ریکاوری) (ش)	–	۲	۶	–	خیر	۳۰–۶۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق مراقبت‌های ویژه	–	۲	۶	–	خیر	۳۰–۶۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق مراقبت‌های ویژه نوزادان	–	۲	۶	–	خیر	۳۰–۶۰	۲۲/۲–۲۵/۶ (۷۲–۷۸)
اتاق درمان (ط)	–	–	۶	–	–	۳۰–۶۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
بخش نوزادان	مثبت	۵	۱۲	–	خیر	۳۰–۶۰	۲۳/۹–۲۶/۷ (۷۵–۸۰)
اتاق صدمات(تروما) برای وضعیت بحران (ج) و (ط)	–	۳	۱۵	–	خیر	۳۰–۶۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق صدمات(تروما) برای - درمان‌های متداول (ج) و (ط)	مثبت	۲	۶	–	خیر	۳۰–۶۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
انبار گاز بیهوشی	منفی	–	۸	بله	–	–	–
آندوسکوپی	منفی	۲	۶	–	خیر	۳۰–۶۰	۲۰–۲۲/۸ (۶۸–۷۳)
اتاق معاینه ریه و مجاری تنفسی(برونچسکوپی)(ص)	منفی	۲	۱۲	بله	خیر	۳۰–۶۰	۲۰–۲۲/۸ (۶۸–۷۳)
اتاق انتظار بخش اورژانس	منفی	۲	۱۲	بله	–	۳۰–۶۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
تریاژ	منفی	۲	۱۲	بله	–	–	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق انتظار بخش رادیولوژی	منفی	۲	۱۲	بله (ظ) و (ع)	–	–	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق جراحی کلاس A (ث) و (ض)	منفی	۳	۱۵	–	خیر	۳۰–۶۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)

جدول ۴-۱ (ادامه)

فضا یا بخش درمانی	فشار نسبت به فضاهای مجاور (الف)	حداقل نرخ تعویض هوای تازه به ازای هر ساعت (ب)	حداقل نرخ تعویض هوای کل به ازای هر ساعت (پ)	اجبار در تخلیه هوا به محیط بیرون (ز)	امکان استفاده از هوای برگشت ساختمان (ت)	رطوبت نسبی بر حسب درصد (ژ)	دمای طرح محیط داخل بر حسب درجه سلسیوس و فارنهایت (س)
بخش پرستاری							
اتاق بیمار	–	۲	٦ (غ)	–	–	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
سرویس بهداشتی (چ)	منفی	اختیاری	۱۰	بله	خیر	–	–
اتاق نوزادان	–	۲	٦	–	خیر	۳۰–٦۰	۲۲/۲–۲۵/٦ (۷۲–۷۸)
اتاق حفاظت شده (خ)، (ص) و (ف)	مثبت	۲	۱۲	–	خیر	–	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق ایزوله و عاری از آلاینده‌های هوابرد (ح)، (ص) و (ق)	منفی	۲	۱۲	بله (ع)	خیر	–	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
فضا یا پیش‌اتاق ایزوله (ف) و (ق)	مثبت/ منفی	۲	۱۰	بله	خیر	–	–
اتاق قبل زایمان/ زایمان/بازیابی/پس از زایمان	–	۲	٦ (غ)	–	–	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
راهروی عمومی	منفی	۲	۲	–	–	–	–
راهروی مخصوص بیمار	–	۲	٤	–	–	–	–
بخش خدمات کمکی و جانبی							
رادیولوژی اشعه ایکس (تشخیص و درمان)	–	۲	٦	–	–	۳۰–٦۰	۲۲/۲–۲۵/٦ (۷۲–۷۸)
رادیولوژی اشعه ایکس (جراحی/ مراقبت ویژه و کاتتریزاسیون)	مثبت	۳	۱۵	–	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
رادیولوژی (اتاق تاریک)	منفی	۲	۱۰	بله (د)	خیر	–	–
آزمایشگاه، عمومی (ک)	منفی	۲	٦	بله	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
آزمایشگاه، باکتری‌شناسی	منفی	۲	٦	بله	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
آزمایشگاه، بیوشیمی (ک)	مثبت	۲	٦	–	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
آزمایشگاه، سلول‌شناسی	منفی	۲	٦	بله	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
ازمایشگاه، شستشوی ظروف آزمایشگاهی	منفی	اختیاری	۱۰	بله	–	–	–
آزمایشگاه، بافت‌شناسی	منفی	۲	٦	بله	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)

جدول ۴-۱ (ادامه)

فضا یا بخش درمانی	فشار نسبت به فضاهای مجاور (الف)	حداقل نرخ تعویض هوای تازه به ازای هر ساعت (ب)	حداقل نرخ تعویض هوای کل به ازای هر ساعت (پ)	اجبار در تخلیه هوا به محیط بیرون (ز)	امکان استفاده از هوای برگشت ساختمان (ت)	رطوبت نسبی بر حسب درصد (ژ)	دمای طرح محیط داخل بر حسب درجه سلسیوس و فارنهایت (س)
میکروبیولوژی (ک)	منفی	–	٦	بله	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
آزمایشگاه، پزشکی هسته‌ای	منفی	۲	٦	بله	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
آزمایشگاه، آسیب شناسی	منفی	۲	٦	بله	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
آزمایشگاه، سرم‌شناسی	مثبت	۲	٦	بله	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
آزمایشگاه، استریل‌سازی	منفی	اختیاری	۱۰	بله	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
آزمایشگاه، محیط کشت	مثبت	۲	٤	–	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق کالبد شکافی (ص)	منفی	۲	۱۲	بله	خیر	–	–
اتاق غیر یخچالی نگه‌داری جسد (ذ)	منفی	اختیاری	۱۰	بله	خیر	–	۲۱/۱ (۷۰)
داروخانه	مثبت	۲	٤	–	–	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
بخش اجرایی اداری							
اتاق پذیرش و انتظار	منفی	۲	٦	بله	–	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
بخش تشخیص و درمان بیماری							
بخش ریه و مجاری تنفسی	منفی	۲	۱۲	بله	–	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق معاینه	–	۲	٦	–	–	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق دارو	مثبت	۲	٤	–	–	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق درمان	–	۲	٦	–	–	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
توان‌بخشی و آب درمانی	منفی	۲	٦	–	–	۳۰–٦۰	۲۲/۲–۲٦/۷ (۷۰–۷۵)
اتاق آلوده	منفی	۲	۱۰	بله	خیر	۳۰–٦۰	۲۱/۱–۲۳/۹ (۷۰–۷۵)
اتاق تمیز	مثبت	۲	٤	–	–	–	–

جدول ۴-۱ (ادامه)

فضا یا بخش درمانی	فشار نسبت به فضاهای مجاور (الف)	حداقل نرخ تعویض هوای تازه به ازای هر ساعت (ب)	حداقل نرخ تعویض هوای کل به ازای هر ساعت (پ)	اجبار در تخلیه هوا به محیط بیرون (ز)	امکان استفاده از هوای برگشت ساختمان (ت)	رطوبت نسبی بر حسب درصد (ژ)	دمای طرح محیط داخل بر حسب درجه سلسیوس و فارنهایت (س)
بخش استریل‌سازی و تدارکات مربوط							
اتاق استریل‌سازی با ETO	منفی	–	۱۰	بله	خیر	–	–
اتاق تجهیزات استریل-سازی	منفی	–	۱۰	بله	خیر	–	–
اتاق تجهیزات آلوده	منفی	۲	٦	بله	خیر	۳۰-٦۰	۲۲/۲-۲۵/٦ (۷۲-۷۸)
اتاق تمیز	مثبت	۲	٤	–	خیر	۳۰-٦۰	۲۲/۲-۲۵/٦ (۷۲-۷۸)
انبار تجهیزات استریل	مثبت	۲	٤	–	–	۳۰-٦۰	۲۲/۲-۲۵/٦ (۷۲-۷۸)
واحد خدمات							
مرکز آماده سازی غذا (ر)	–	۲	۱۰	بله	خیر	–	–
بخش شستشو	منفی	اختیاری	۱۰	بله	خیر	–	–
انبار روزانه مربوط به مواد غذایی	–	اختیاری	۲	–	خیر	–	–
رختشویی-عمومی	منفی	۲	۱۰	بله	خیر	–	–
محل ذخیره سازی و جداسازی ملحفه‌های کثیف	منفی	اختیاری	۱۰	بله	خیر	–	–
انبار ملحفه‌های تمیز	مثبت	۲	۲	–	–	–	–
اتاقک شوتینگ زباله و ملحفه	منفی	اختیاری	۱۰	بله	خیر	–	–
اتاق قرارگیری لگن بیماران	منفی	اختیاری	۱۰	بله	خیر	–	–
حمام	منفی	اختیاری	۱۰	بله	خیر	–	–

نکات:

(الف) منظور از فضاهای مجاور، فضاهایی است که به کنترل پیوسته فشار احتیاجی نیست. مقادیر مثبت یا منفی فشاری به‌گونه‌ای بیان شده است که جلوی انتشار عوامل آلاینده از فضایی به فضای دیگر گرفته شود.

(ب) مقادیری از نرخ تعویض هوا که هم باعث ایجاد آسایش می‌شود و هم به منظور کنترل آلاینده‌ها و بو ارائه می‌شوند. این مقادیر بر اساس استانداردهای معتبر معرفی شده است.

(پ) مقادیر نرخ تعویض هوای کلی بیان شده در این جدول برای هوای رفت بوده و در صورت لزوم برای هوا تخلیه کاربرد دارد. تعداد تعویض هوا را می‌توان در مواقعی که در اتاق کاربری نیست البته با شرط ثابت ماندن شرایط فشاری اتاق (اعم از فشار مثبت یا فشار منفی) کاهش داد. البته باید شرایط به‌گونه‌ای باشد که در هنگام حضور افراد در اتاق میزان نرخ تعویض هوا به حالت اصلی خود باز گردد. نرخ تعویض هوای بیان شده در این جدول در حالت حداقلی است. به‌منظور باقی ماندن اتاق در بازه دمایی و رطوبتی مندرج در این جدول در صورت لزوم باید نرخ تعویض هوا افزایش یابد.

(ت) استفاده از فیلترهای هپا در سامانه‌های بازگردانی هوا که برای کنترل و تصفیه آلاینده ها به‌کار می‌روند (بدون کویل گرم یا سرد)، قابل قبول است. در این حالت استفاده از پایانه های گرمایی یا سرمایی با جابجایی طبیعی (نظیر رادیاتور و کنوکتور) در

اتاق های جراحی یا سایر اتاق های درمانی خاص ممنوع است.

(ث) در اتاق‌های جراحی و سیستوسکوپی، استفاده از ۱۰۰٪ هوای تازه در صورتی مجاز است که از سیستم‌های بازیافت انرژی استفاده شود.

(ج) واژه اتاق صدمات(تروما) در اینجا به معنای اتاق کمک‌های اولیه یا اتاق اورژانس است که وظیفه این اتاق خدمت رسانی اولیه به قربانیان حوادث و تصادفات است. اتاق عمل موجود در این بخش نیز برای انجام عمل‌های جراحی اورژانسی بوده که باید درمان همانند اتاقهای جراحی متداول در آنها صورت پذیرد.

(چ) برای طراحی سیستم تخلیه سرویس بهداشتی مرکزی به بخش اتاق بیماران در دستنامه ASHRAE جلد کاربردها رجوع شود.

(ح) اتاق ایزوله عفونت هوابرد ذکر شده در این جدول منظور اتاقی است که در آن بیماران ناقل آلودگی مستقر هستند. این اتاق دارای فشار منفی است. برخی از این اتاق‌های ایزوله دارای یک پیش‌اتاق مجزا می‌باشند.

(خ) اتاق حفاظت شده که برای بیماران بدون سیستم دفاعی یا با سیستم دفاعی ضعیف استفاده می‌شود، اتاقی است که فشار مثبت طراحی می‌شود تا بیماران را از خطر آلودگی‌ها حفظ نماید. این اتاقها دارای یک پیش اتاق می‌باشند که فشار آن باید نسبت به فشار اتاق حفاظت شده منفی طراحی شود.

(د) اگر تجهیزات اتاق تاریک دارای کانال تخلیه هوای مجزایی باشند که بر اساس استانداردهای تعویض هوا طراحی و انتخاب شده، آنگاه نیازی به تخلیه کامل هوا نیست.

(ذ) اتاق نگهداری غیر یخچالی جسد تنها در مواردی کاربرد دارد که کالبد شکافی در محل انجام نشده و صرفا جسد برای مدت کوتاهی در این اتاق می‌ماند و سپس به مکانی دیگر منتقل می‌شود.

(ر) مراکز آماده‌سازی غذا باید هوای رفت اضافی داشته باشند تا زمانی که هودهای آشپزخانه کار نمی‌کنند، فشار مثبت باشد. به منظور کنترل بو می‌توان در شرایطی که فضای مذکور مورد استفاده نیست، نرخ تعویض هوا را کاهش داد. حداقل نرخ تعویض هوای کل در ساعت باید به‌گونه‌ای باشد که هوای جبرانی مناسبی در مقایسه با میزان تخلیه هوا از آشپزخانه وارد این فضا شود. البته باید به میزان نفوذ هوا از خارج به داخل یا از داخل به خارج یا ورود و خروج هوا از طریق راهروها نیز دقت نمود.

(ز) هوای فضاهای محتوی آلاینده‌ها یا بو باید به محیط خارج تخلیه گردد. این هوا نباید بازگردانی شده و در فضاهای دیگر استفاده گردد. ممکن است شرایطی خاص بر حسب مورد برای تخلیه هوا به محیط بیرون وجود داشته باشد. به عنوان مثال این شرایط ممکن است در بخش مراقبت ویژه از بیماران با آلودگی ریوی یا اتاق سوانح سوختگی پیش آید.

(ژ) با آنکه دامنه تغییرات رطوبت نسبی در این جدول بین دو مقدار کمینه و بیشینه ذکر شده است، ولی کنترل رطوبت نسبی باید توام با کنترل دما باشد. یعنی در جایی که میزان رطوبت نزدیک به بیشینه مقدار خود است، توامان باید که دما نیز نزدیک به بیشینه مقدار خود باشد و بالعکس.

(س) برای بازه دمایی ذکر شده در این جدول، سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی باید قادر باشد که دمای اتاق را در خلال فعالیت و امور روزمره و عادی آن اتاق در هر نقطه‌ای در این بازه دمایی ثابت نگاه دارد. بر همین اساس ظرفیت گرمایی یا سرمایی سیستم باید تعیین گردد. این امر بدان واسطه است که در صورت برهنه بودن بیماران نیاز به شرایط گرمتری در اتاق است که باید این شرایط تامین گردد. گاهی نیز به‌دلیل شرایط درمانی و پزشکی ممکن است پزشکان شرایط خنک تری را برای اتاق توصیه کنند که باید این شرایط را نیز بتوان در اتاق فراهم آورد.

(ش) مطابق استانداردهای معتبر، مکانهایی که گازهای بیهوشی استفاده می‌گردد، توصیه می‌شود هم تخلیه موضعی و هم تعویض هوای کلی انجام شود.

(ص) اختلاف فشار بین فضای مورد نظر و راهرو باید حداقل ۲/۵ پاسکال باشد. می‌توان سیستم هشدار دهنده ای را برای اطمینان از صحت اعمال پیوسته این اختلاف فشار نصب نمود.

(ض) از آنجایی که برخی جراحان ترجیح می‌دهند یا فرایندهای مختلف جراحی ایجاب می‌کند که دمای اتاق جراحی خارج از بازه تعریف شده در این جدول باشد، شرایط طرح محیط داخل اتاق باید به‌گونه‌ای باشد که همه کاربران اتاق اعم از جراح، متخصص بیهوشی، پرسنل پرستاری احساس رضایت کنند. نرخ تعویض هوای کلی اتاق تابعی از دمای اتاق، دمای هوای رفت، بار محسوس و نهان فضای مذکور می‌باشد.

(ط) هوای اتاق کمکهای اولیه و/یا اتاق اورژانس که برای درمان اولیه قربانیان حوادث و تصادفات استفاده می‌شود، می‌تواند همانند آنچه برای اتاق درمان آمده است تعویض گردد. اتاق درمانی که برای معاینه مجاری تنفسی (برونچواسکوپی) به کار می‌رود باید

مشابه اتاق مخصوص برونچواسکوپی باشد. از آنجا که در اتاق جراحی به روش سرد کردن بافت معیوب از اکسید نیتروژن استفاده می‌شود، سیستم تعویض هوای این اتاق باید قادر به تخلیه گازهای اضافی و پسماند باشد.

(ظ) در سیستم تعویض هوا از نوع بازگردانی هوا، به‌جای تخلیه کامل هوا از این فضا به بیرون، می‌توان از فیلتر های هپا استفاده نمود. در این حالت هوای برگشتی باید از فیلتر هپا گذر کرده و سپس به فضاهای دیگر وارد شود.

(ع) اگر تخلیه هوا از اتاق ایزوله آلودگی هوابرد به محیط بیرون عملی نبود، می‌توان هوای برگشتی این اتاق را از روی فیلتر هپا عبور داد و سپس وارد هواساز مختص این اتاق نمود و به این شکل این هوا را به همان فضا بازگردانی کرد.

(غ) در صورت استفاده از یک سیستم گرمایی یا سرمایی کمکی (تشعشعی، از کف و ...) در اتاق بیماران یا اتاق مربوط به قبل زایمان/زایمان/بازیابی/پس از زایمان، نرخ تعویض هوا را می‌توان به ٤ کاهش داد.

(ف) الزامات طراحی جریان هوا در اتاق حفاظت شده باید به‌گونه‌ای باشد که بیماران این اتاق را از عوامل آلاینده هوابرد (نظیر تخم های آسپرژیلوس) حفظ کند. فضاها با تعویض هوای ویژه باید به‌گونه‌ای طراحی گردند که جریان هوای جهت‌دار از سمت تمیزترین قسمت این فضا به سمت قسمت‌های با تمیزی کمتر ایجاد کند. این اتاق‌ها باید به فیلتر هپا با کارایی ۹۹/۹۷٪ برای گرفتن ذرات ۰/۳ میکرونی از هوای رفت مجهز باشند. این فیلترها مانع ورود آلودگی ها به اتاق بیماران می‌شود. در صورت استفاده از سیستم بازگردانی هوای مجهز به فیلترهای هپا می‌توان نرخ تعویض هوای اتاق را افزایش داد. سیستم تهویه مطبوعی هوایی در اینگونه فضاها باید از نوع حجم هوا ثابت باشد. اگر محدوده‌های طراحی ایجاب نماید که ایزوله نمودن فضای اتاق حفاظت شده نسبت به عوامل آلاینده هوابرد ضروری است، باید یک پیش اتاق مناسب برای این فضا در نظر گرفته شود.

(ق) اتاق ایزوله که در این دستورالعمل به آن اشاره شده، فضایی است که از انتشار بیماری آلاینده و مسری نظیر سرخک، آبله مرغان، یا سل جلوگیری می‌کند. در طراحی اتاق‌های ایزوله آلودگی های هوابرد باید فضایی برای بیماران معمولی که نیازی به اقدام احتیاطی و پیشگیرانه ندارند در نظر گرفت. استفاده از تجهیزات بازگردانی هوای اضافی در اتاق بیماران این بخش به منظور افزایش نرخ تعویض هوا مفید است. با این وجود تذکر این نکته ضروری است که هوای بازگردانی شده کیفیت هوای بیرون را ندارد. در صورت استفاده از فیلتر هپا می‌توان هوای داخل اتاق‌های ایزوله را بصورت مجزا از سایر اتاقها بازگردانی نمود.

(ک) در صورت لزوم باید از هودها و سستمهای تخلیه هوای مناسب برای خروج گازهای مضر یا بخارات مواد شیمیایی استفاده نمود.

(گ) به‌منظور اطمینان و تایید جهت جریان هوا باید از سیستم مناسبی نظیر سیستم تعقیب و بازرسی عینی با دود یا هر سیستم مناسبی دیگر استفاده نمود. بر اساس مدارک و استانداردهای معتبر بین المللی، تجهیزات بازگردان هوا که مجهز به فیلتر هپا می-باشند، ممکن است به‌صورت پرتابل و موقتی یا دائمی برای تکمیل کارکرد سیستم تعویض هوای مناسب در ساختمان بیمارستان به‌کار رود. این تجهیزات باید از نقطه نظر جلوگیری از آلاینده‌های هوابرد مورد تایید مراجع ذیصلاح باشد. طراحی باید به‌گونه‌ای باشد که ضمن رعایت محدوده عملکردی، از ماندگی هوا در قسمتهای مختلف اتاق یا مدار کوتاه شدن جریان هوا(جریان هوای رفت بدون طی کردن فضا به سمت کانال برگشت برود) جلوگیری شود. محل ورود هوا و تخلیه هوا باید به‌گونه‌ای باشد که هوای تمیز ضمن دور نمودن عفونت هوابرد از کارکنان و بیماران، به‌دلیل عبور هوا از روی منابع آلاینده، باعث تخلیه این آلودگی‌ها گردد. طراحی باید به‌گونه‌ای باشد که بیماران و کارکنان بین منبع آلودگی و دریچه تخلیه هوا قرار نگیرند. چرا که این امر به معنای در معرض آلودگی قرار گرفتن کارکنان خواهد بود.

۴-۵ افزایش کارایی تجهیزات انرژی بر و هزینه عملکرد سیستم

همواره بخش‌های درمانی با دغدغه‌های هزینه‌ای سروکار دارند. هزینه سالانه کار سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی شامل مصرف انرژی، سرویس، تعمیر و نگهداری، مواد اولیه، نیروی انسانی بوده که سهم عمده‌ای از هزینه‌های ساختمانی را در بر می‌گیرد. البته باید در نظر گرفت که در بیمارستان‌ها و بخش‌های درمانی به‌واسطه انتظاراتی که از سیستم‌های تاسیساتی می‌رود هزینه این سرویس های خدماتی در گام اول بستگی تام به انتخاب تجهیزات و سیستم‌های تاسیساتی دارد که مقرر است در بیمارستان کار کند.

سیستم‌ها و تجهیزات تاسیساتی باید به‌گونه‌ای انتخاب و طراحی شوند که از نقطه نظر راندمان و کارایی بالاترین بهره را داشته باشند. به موازات این انتخاب، باید شرایطی را به‌وجود آورد که در صورت لزوم با نصب تجهیزات مناسب (اعم از سیستم‌های بازیافت انرژی، اکونومایزرهای هوایی، سیستم‌های سرمایشی ترکیبی، انرژی خورشیدی و پمپ‌های گرمایی و ...) به بازگردانی انرژی دفع شده ساختمان نیز اقدام نمود.

۴-۶ اندازه گذاری تجهیزات بر اساس بار گرمایشی و سرمایشی

۴-۶-۱ ظرفیت سیستم تاسیساتی طراحی شده

در بخش‌های درمانی، محدوده و دامنه شرایط طرح اعم از میزان دما، رطوبت نسبی و تجهیزات به کار رفته در سیستم تعویض و توزیع هوا بر روی ظرفیت و اندازه تجهیزات تاسیساتی و بارهای سرمایی/ گرمایی اثر می‌گذارد. در برخی موارد ممکن است لازم باشد که برای اتاق‌ها دو نقطه طرح یکی برای تابستان و دیگری برای زمستان در نظر گرفته شود. سیستم تاسیساتی طراحی شده باید به‌گونه‌ای باشد که بتواند این نیاز آسایشی-درمانی را در شرایط مختلف کارکردی سیستم و در شرایط مختلف آب و هوایی تامین نماید.

۴-۶-۲ شرایط طرح محیط بیرون

میزان دما و رطوبت نسبی، سرعت باد و ... از جمله اطلاعاتی هستند که برای مناطق مختلف آب وهوایی و شهر مختلف و توسط مرجعی ذیصلاح بعنوان شرایط طرح محیط بیرون تدوین و در اختیار جامعه قرار گیرد. این مقادیر به‌عنوان مبنای محاسبه بار گرمایی و سرمایی در نظر گرفته می‌شود.

بر اساس پیشنهاد ASHRAE شرایط طرح زمستانی و تابستانی مختلفی برای ساختمان‌ها با کاربریهای مختلف توصیه و الزام می‌شود. بر همین اساس برای بخش‌هایی که بیمار بستری می‌شود یا برای بخش مربوط به جراحی بیماران سرپایی باید شرایط طرح تابستانی ۰/٤٪ دمای خشک و دمای تر هم روی ده متناظر با آن برای محاسبات سرمایشی، و شرایط طرح زمستانی ۹۹/٦٪ دمای خشک برای محاسبات مربوط به بار گرمایشی انتخاب شود.

برای بخش‌های عادی و کلینیکی مربوط به بیماران سرپایی از شرایط طرح تابستانی و زمستانی به ترتیب ۱٪ و ۹۹٪ برای محاسبه بارهای سرمایی و گرمایی استفاده می‌شود.

به دلیل استفاده از هوای بیرون و رطوبت‌زدایی، بیشینه بار سرمایشی می‌تواند در پیک

دمای تر طرح اتفاق می‌افتد. به همین دلیل برای اندازه‌گذاری و انتخاب تجهیزات تبخیری و رطوبت زدا، طراح باید پیک بار کل (مجموع بار محسوس و نهان) را بر اساس این شرایط آب وهوایی در نظر بگیرد.

در هر پروژه یا طرحی، طراح باید در استفاده از اطلاعات شرایط طرح محیط بیرون بسیار مراقب باشد تا پروژه از حالت عملی خارج نشود. همچنین طراح باید به وجود یا عدم وجود و همچنین نوع ساختمان‌ها و محیط پیرامونی بیمارستان دقت نماید. بعنوان مثال اگر هوای محیط بیرون که توسط یک سیستم تعویض هوا به داخل ساختمان بیمارستانی مکش می‌شود، از روی ساختمان مجاوری که دارای سقفی تیره است گذر کند، به‌دلیل انرژی تشعشعی جذب شده توسط آن سقف، دارای درجه حرارت بالاتری نسبت به هوای محیط آزاد و بدون ساختمان است. که این امر قطعا بر عملکرد سیستم سرمایشی بیمارستان اثر مخربی خواهد داشت.

۴-۶-۳ بارهای تجهیزات تاسیساتی

متاسفانه بسیاری از طراحانی که با تجربه‌ای اندک اقدام به طراحی بیمارستان و بخشهای درمانی آن می‌کنند، دارای مشکلات فراوانی در محاسبه و تخمین بارهای سرمایی مربوط به تجهیزات درمانی هستند. همانند بسیاری از تجهیزات، انرژی گرمایی از تجهیزات پزشکی به محیط اطراف متصاعد می‌شود که سیستم تاسیساتی باید بتواند این گرما را به محیط خارج از بیمارستان دفع نماید تا هم دستگاه‌ها بتوانند در یک عمر مفید فعالیت کنند و هم فضای پیرامون این تجهیزات دچار عدم آسایش نشود. میزان حرارت متصاعد شده از تجهیزات پزشکی وابسته به طول زمانی است که این دستگاه‌ها در طول شبانه‌روز فعالیت می‌کنند. برخی دستگاه‌ها به‌طور پیوسته و برخی دیگر بطور غیردائم مورد استفاده قرار می-گیرد. در پیوست الف این دستورالعمل، راهنمایی برای تخمین بار سرمایی یا گرمایی تجهیزات پزشکی آمده است. البته پیشرفت‌های پزشکی و اختراع دستگاه‌های جدید ایجاب می‌کند که همواره میزان حرارت متصاعد شده از این دستگاه ها به صورت به روز شده در اختیار مهندسان طراح قرار گیرد. چرا که همواره شرکت‌های تولید کننده این دستگاه‌ها این-گونه اطلاعات را از طریق دفترچه‌های راهنمای مربوط به اطلاع خریدار و کاربر می‌رسانند.

یکی دیگر از منابع مفید برای چنین اطلاعاتی، مشورت با طراحان تجهیزات و فضاهای پزشکی است. البته سازندگان برخی از تجهیزات درمانی (تجهیزات استریل‌سازی یا دستگاه-های پخت و پز) که نیاز به دفع سریع حرارت (آن هم در مقدار زیاد) از دستگاه مربوط

دارند، در مورد انتخاب و نصب هود تخلیه مناسب از دستگاه توصیه‌هایی مفیدی را ارائه می‌دهند. لازم به ذکر است که طراحان باید علاوه بر داشتن اطلاعات کافی در زمینه حرارت متصاعد شده از دستگاه، اطلاعات مربوط به شبکه برق مورد نیاز این دستگاه ها را نیز باید در اختیار داشته باشند.

۴-۶-۴ استمرار خدمات و تجهیزات اضافی

اهمیت ایجاد شرایط پایدار مشخصات طرح داخل در فضاها و بخش‌های درمانی ایجاب می‌نماید که سیستم‌های پشتیبان گرمایی و حتی در برخی موارد سیستمهای سرمایی و تعویض هوا با ظرفیتی مناسب وجود داشته باشد تا در مواقع لزوم و خرابی تجهیزات تاسیساتی بتوانند بار سرمایی، گرمایی یا تهویه‌ای را بر دوش بکشند.

بر اساس کدها و مراجع معتبر بین المللی، بخش‌های بستری بیمار و بخش‌های جراحی بیماران سرپایی می‌توانند تا ۱۰۰٪ ظرفیت خود تجهیزات تاسیساتی پشتیبان داشته باشند. حتی در مواقعی که خدمات سیستم‌های تاسیساتی به‌گونه‌ای است که هیچگاه خطری از آن محل نقطه نظر سلامت و ایمنی بیمارستان را تهدید نکند، ممکن است لازم باشد به‌دلیل اطمینان از عملکرد صحیح خدمات پزشکی و رضایت بیماران، تجهیزات تاسیساتی اضافی و پشتیبان برای این دسته از ساختمان‌ها در نظر گرفته شود. طراح تاسیسات باید بداند که به واسطه سرویس‌ها و تعمیرات دوره‌ای، فصلی یا سالیانه باید برخی از تجهیزات تاسیساتی از سرویس خارج شده و در این زمان‌ها لازم است تجهیزات اضافی و پشتیبان شروع به کار نمایند.

مراجع معتبر بین المللی الزام می‌نمایند که به‌منظور استمرار ارائه خدمات تجهیزات تاسیسات الکتریکی و مکانیکی، وجود ژنراتور برق اضطراری ضروری است. بخش‌های درمانی نظیر اتاق بیماران و بحرانی(اورژانس) باید به گونه‌ای باشند که تاسیسات این بخش-ها متصل به برق اضطراری باشد.

با توجه به آنکه تجهیزات و ژنراتور برق اضطراری بسیار گران قیمت است، لذا اندازه و نوع تجهیزات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی و هواسازها تاثیر زیادی بر اندازه و قیمت ژنراتورهای برق اضطراری دارد. علاوه بر این، مشخصه‌هایی نظیر نوع بخش‌های درمانی، محل آن‌ها، حدود و دامنه شرایط طرح داخل، انتظارات مالک، نوع و چگونگی خدمات ارائه شده توسط بیمارستان تاثیر به‌سزایی در انتخاب سیستم برق اضطراری دارد که در

پیوست ب به شکلی مفصل به آن پرداخته شده است. به صورت خلاصه به برخی از سیستم‌های تاسیساتی که باید به برق اضطراری متصل باشند و لذا وجودشان بر انتخاب سیستم برق اضطراری موثر است، اشاره می‌شود:

- **سیستم تعویض هوا**: فن‌های رفت، برگشت و تخلیه که وظیفه آنها ثابت نگاه داشتن شرایط فشاری بخش‌های درمانی به‌منظور کنترل عفونت‌های هوابرد است.
- **تجهیزات تولید بخار وگرما**: دیگ‌ها، پمپ‌ها، شبکه ورود سوخت، هواسازها که وظیفه آن‌ها تولید و انتقال حرارت به فضاهای بیماران بستری، جلوگیری از انجماد در سیستم تاسیساتی و همچنین تامین بخار به‌منظور استریل‌سازی و انجام سایر فرایندهای خاص می‌باشد.
- **پمپ های آب مصرفی**: تولید آب گرم و گردش آن در شبکه آب گرم مصرفی به‌منظور استفاده در آشپزخانه و فضاهای درمانی و مراقبتی
- **وسایل خنک کننده، پمپ‌ها، هواسازها و سایر تجهیزات ضروری**: وظیفه آنها تداوم خنک‌سازی فضاهایی نظیر بخش‌هایی که بیماران در انها بستری اند و همچنین خنک کردن تجهیزات پزشکی و فضای اطرافشان می‌باشد.
- **وسایل کنترلی**: در سیستم‌های تاسیساتی بیان شده در موارد فوق وظیفه پایش، کنترل و اعلام و اعمال فرامین مختلف را بر عهده دارند.

الزامات مربوط به شرایط تحویل ساختمان به مالک ایجاب می‌نماید که طراحان باید از عملکرد صحیح تجهیزات فوق و از درستی اتصال آنها به شبکه برق اضطراری مطمئن گردند. یعنی عملکرد این تجهیزات در زمان اتصال به شبکه برق شهری و شبکه برق اضطراری مورد ارزیابی و بازرسی قرار گیرد.

۷-۴ کیفیت تعویض هوا و هوای محیط بیرون

بخش‌های درمانی نیازمند میزان زیادی هوای تازه و پاک به منظور تنفس و کنترل آلودگی‌ها و بو می‌باشند که در حقیقت سیستم تعویض و تخلیه هوا و تامین هوای جبرانی موجب کاهش غلظت این ذرات مضر می‌شود. در شرایط طبیعی هوای محیط بیرون دارای میکروارگانیزم‌ها، گرد و غبار، دوده و آلودگی‌های گازی شکل با غلظتی به مراتب کمتر از محیط داخل است. همانطور که اشاره شد، در برخی از بخش‌های درمانی تصفیه هوا توسط فیلترهای با کارایی بالا باید صورت بپذیرد که وجود این فیلترها در مسیر ورود هوای بیرون به داخل سیستم تعویض هوا موجب بوجود آمدن هوایی عاری از میکروارگانیزم‌ها و سایر

ذرات می‌شود. در صورتی که کیفیت هوای محیط بیرون نامناسب باشد (نظیر هوای منطقه-های صنعتی) لازم است از فیلترهایی استفاده نمود که توانایی جذب گازهای خطرناک و مضر در محل ورودی هوای بیرون به داخل سیستم را داشته باشند. علاوه بر الزام برای وجود هوای محیط بیرون با کیفیت مناسب، انتخاب محل مناسب نصب دریچه‌های مکش هوای بیرون به داخل سیستم تعویض هوا از اهمیت ویژه برخوردار است. این دریچه‌ها باید در جایی نصب شود که امکان ورود کمترین آلاینده‌ها از بیرون وجود داشته باشد. نصب صحیح دریچه‌ها باعث می‌شود که مقدار مناسب و کنترل شده‌ای از هوای جبرانی به داخل ساختمان تامین شده و توزیع و اختلاط مناسبی از هوای پاک در محیط داخل بخشهای درمانی فراهم شود. استاندارد ASHRAE 62-2001 حداقل شرایط قابل قبول کیفیت هوای داخل را در طراحی های سیستم تعویض هوا ذکر نموده است که ارجاع به آن مفید است.

۴-۷-۱ کمیت تعویض هوا

در بسیاری از مراجع معتبر بین‌المللی حداقل دبی هوای بیرون برای هر بخش درمانی به-صورت مجزا را به ازای هر نفر یا به ازای واحد سطح آن فضا به‌عنوان نرخ یا دفعات تعویض هوا مشخص می‌شود. استاندارد ASHRAE 62-2001 معتبرترین مرجع در این زمینه به‌منظور تعیین حداقل کمیت هوای بیرون مورد نیاز برای فضاهای مختلف به صورت مجزا به شمار می‌آید. همچنین در این مرجع راهنمایی جهت محاسبه حداقل دبی هوای بیرون در سیستم مرکزی هوایی آمده است. حداقل دبی هوای کلی اتاق (مجموع هوای بیرون و هوای بازگردانی شده) نیز به صورت الزام در مراجع معتبر ذکر شده است. این مشخصه بر مبنای میزان رقیق‌سازی کلی هوا در سیستم مرکزی هوایی است که این سیستم مرکزی تغذیه کننده هوای کلیه فضاهاست و بر اساس میزان اثر تمیزشدگی هوا در فیلترها (با توجه به کارایی‌شان) تعیین می‌گردد. ممکن است این مشخصه بر مبنای حداقل جریان هوایی که برای اطمینان از اختلاط مناسب هوا لازم است نیز بیان شود.

۴-۷-۲ جانمایی دریچه مکش هوای بیرون

به منظور جلوگیری از مکش ذرات آلاینده از محیط بیرون به داخل ساختمان، دریچه‌های مکش باید در فاصله مناسبی از منابع آلاینده نصب شود. به‌صورت کلی حداقل این فاصله بر اساس مراجع معتبر بین المللی بین ۷/٦ متر تا ۹/۱ متر در نظر گرفته می‌شود. البته این

فاصله ممکن است بر حسب طبیعت و میزان منبع آلودگی، جهت وزش باد و وضعیت قرار-گیری دریچه نسبت به منبع آلاینده، بیشتر نیز بشود. در دستنامه ASHRAE جلد مبانی، راهنمای طراحی و روش محاسباتی برای تخمین مشخصه‌های جریان هوا در اطراف ساختمان، عملکرد دودکش/یا دریچه تخلیه هوا و بهترین محل دریچه مکش هوا آمده است. اما به صورت راهنمایی کلی باید موارد زیر را حتما مد نظر قرار داد:

- دریچه مکش هوا در نزدیک دودکش وسایل احتراقی، اگزوز وسایل نقلیه موتوری، دریچه تخلیه هوای ساختمان، دودکش ساختمان و همچنین برج خنک‌کن قرار نگیرد.
- دریچه مکش هوا باید به اندازه کافی بالاتر از سطح زمین باشد. تا آلودگی‌هایی نظیر خاک مرطوب، برگ‌های ریخته شده روی زمین، آب و برف روی زمین وارد این دریچه-ها نشود.
- به‌منظور انجام بازرسی و تمیزکاری دوره‌ای، دسترسی به دریچه و کانال مکش هوا باید راحت باشد. البته به دلایل امنیتی و حفاظتی ممکن است تصمیم گرفته شود که مسیر یا درب مربوط به این کانال و دریچه از داخل ساختمان باز و بسته یا قفل شود.

۴-۷-۳ تاثیر تعویض و اختلاط هوا

در بسیاری از بخش‌های درمانی، انتظار می‌رود که هوای تازه به شکلی وارد و توزیع شود که حداکثر هوای داخل محیط را تحت تاثیر خود قرار دهد. یعنی هوای تازه هر نقطه‌ای از فضای مذکور را تحت شعاع خود قرار دهد و در هیچ نقطه ای هوای مانده وجود نداشته باشد. البته در فصل ۸ به این مطلب مفصلا پرداخته خواهد شد. نکته دیگری که تذکر آن ضروری است این که اختلاط خوب هوای ورودی با هوای اتاق با انتخاب مناسب محل نصب (سقفی یا دیواری)، نوع و کارایی دریچه های ورودی هوا (البته با توجه به شکل و انتظارات فضای مورد نظر) رابطه تنگاتنگی دارد.

۴-۷-۴ تخلیه آلاینده‌ها و بو

سیستم‌های تخلیه هوا، باید شرایط خروج آلاینده‌ها و بو را از بخش‌های درمانی و نزدیک‌ترین محل منبع تولید آلودگی و بو فراهم آورد. به‌علاوه سیستم‌های تخلیه باید رطوبت و ذرات اشتعال‌زای موجود در هوا یا عوامل بیماری‌زای هوابرد را به بیرون تخلیه کند. برخی از سیستم‌های تخلیه آلاینده‌ها به شرح زیر است:

- هودهای بخارات شیمیایی و کابین‌های تخلیه ایمن عوامل بیولوژیکی، که در آزمایشگاه-ها و مراکزی از این دست کاربرد دارد. هدف از نصب این تجهیزات حفظ سلامت کارکنان از خطر عوامل آلاینده می‌باشد.
- خطوط فرعی و اصلی کانال‌های تخلیه مختص اتاق‌های جراحی به منظور تخلیه گازهای بیهوشی یا ذرات آلاینده هوابرد متصاعد شده از عملهای جراحی با لیزر.
- ماشین‌های از نوع تر مربوط به ظهور فیلم عکسبرداری اشعه X (که در آنها ظهور فیلم عکسبرداری با استفاده از محلول‌های شیمیایی انجام می‌شود.) باید دارای کانال‌های تخلیه بخارات شیمیایی مواد ظهور فیلم باشد.
- اتاقک یا هود مکش ذرات سرفه که معمولا در اتاق درمان بیماریهای مسری ریوی باید نصب شود.

در شرایطی که آلاینده‌ها و بو نتواند مستقیما از محل منبع تولید آن خارج شود، کل اتاقی که این آلودگی‌ها در آن واقع است باید دارای سیستم تخلیه هوای مناسب باشد. آزمایشگاه-ها، اتاق ملحفه‌های کثیف، انبار پسماند، اتاق استریل‌سازی و میکروب‌کشی مرکزی، انبار مواد بیهوشی و اتاق ایزوله بیماری از جمله این مثال‌ها هستند. در تخلیه ذرات بسیار خطرناک نظیر هودهای بخارات شیمیایی رادیوایزوتوپ یا فضاهای ایزوله بیماری در شرایطی که دریچه‌های تخلیه هوا بسیار نزدیک به دریچه مکش هوا بوده یا این دریچه های تخلیه نزدیک به محل عبور و مرور مردم باشد، استفاده از فیلترهای هپا توصیه می‌شود که بر سر راه تخلیه هوا به بیرون قرار می‌گیرد تا این عوامل آلاینده در محیط بیرون انتشار نیابد.

۴-۸ کنترل شرایط محیطی

۴-۸-۱ نقش دما و رطوبت نسبی

در بحث‌های قبلی به نقش دما و رطوبت نسبی در کنترل عفونت اشاره شد. دما و رطوبت نسبی نقش به سزایی در درمان انواع بیماری‌ها، بهبود شرایط بیماران بستری‌شده، مناسب بودن شرایط اقامت و کار بیماران و کارکنان بیمارستان و حتی درمان‌های تخصصی دارد. در محیط‌هایی که آسایش حرارتی وجود ندارد، توام با بیماری و صدمات که بیماران را آزار می‌دهد، بیمار احساس تنش حرارتی می‌کند. تنش حرارتی چیزی فراتر از حس عدم آسایش

است. چرا که در این حالت توانایی بیمار برای تنظیم حرارت داخلی بدن دچار اختلال می-گردد که هم از نقطه نظر جسمی و روحی باعث آسیب به بیمار می‌شود. به‌علاوه شرایط محیط داخل با کنترل ضعیف، موجود عوارضی نظیر خشکی پوست، مجاری تنفسی و مخاطی می‌شود که این مطلب باعث به‌وجود آمدن شرایط عدم آسایش و همچنین تنش حرارتی می‌گردد. ممکن است در فضایی درمانی، شرایط محیط داخل (دما ورطوبت نسبی) به‌گونه‌ای باشد که افراد با لباس معمولی احساس راحتی و آسایش نمایند ولی ممکن است همین شرایط بنا به دلایل زیر برای کارکنان بیمارستان و بیماران ایجاد احساس عدم اسایش نماید:

- ممکن است بیماران مستقر در کلینیک‌ها و بخش‌های درمانی دارای لباس‌های نازکتر یا حتی برهنه باشند.
- بیماران ممکن است در شرایط محیطی به صورتی طولانی مدت قرار بگیرند که قطعا این شرایط با حالاتی که یک فرد در مدت زمان کوتاهی در این فضاها قرار می‌گیرد فرق خواهد داشت.
- در بسیاری از بیماری‌ها یا مصدومیت‌ها، سوخت و ساز، تب یا دیگر شرایط بیمار بر حرارت دفع شده از بدنش اثر می‌گذارد که قطعا این امر بر احساس آسایش حرارتی فرد موثر است.
- کارکنان بخش‌های درمانی اغلب باید لباسی محافظ و مناسب با کارشان (مثلا بخش جراحی یا اورژانس) به تن داشته باشند. این امر با توجه به آنکه نرخ فعالیت جسمی و روحی ایشان بالاست، نیاز به شرایط آسایشی مناسبی را می‌طلبد.

در جدول ٤-١ شرایط مناسب محیط داخل اعم از دما و رطوبت نسبی برای بخش‌های درمانی مختلف پیشنهاد شده است. البته ممکن است برخی از شرایط پزشکی و درمانی ویژه، شرایط محیطی دمایی و رطوبتی خاص را به منظور مداوای بیماران ایجاب نماید. به عنوان مثال:

- برای درمان بیمارانی که از ورم مفاصل رنج می‌برند دمای ۳۲ درجه سلسیوس (۹۰ درجه فارنهایت) و رطوبت نسبی ۳۵٪ توصیه می‌شود.
- برای بیماران بستری در بخش سوانح سوختگی دمای ۳۲ درجه سلسیوس (۹۰ درجه فارنهایت) و رطوبت نسبی ۹۵٪ مناسب است.
- برای بخش جراحی کودکان و اطفال دمای ۳۰ درجه سلسیوس (٨٦ درجه فارنهایت) مفید است.

چنین شرایط دمایی و رطوبتی بالا، معمولا در فضاهای بزرگ مناسب نیست. بلکه باید برای همان فضاهای محدود بخش ویژه درمانی مورد اشاره ایجاد شود. توصیه می‌گردد در این بخش‌های ویژه و نزدیک بیماران مربوط، تجهیزات تهویه مطبوعی کمکی تعبیه شود تا چنین شرایطی با دقت مناسب و در محدوده‌ای کوچک و بدون اضافه شدن بار انرژی بر تاسیسات اصلی تهویه مطبوعی ایجاد گردد.

۴-۸-۲ کنترل صدا

کنترل صدا در محیط‌های درمانی بسیار مهم است. چرا که وجود صدا تاثیری منفی بر کارکنان و بیماران مستقر در بخشهای درمانی می‌گذارد. آرامش در چنین محیط‌هایی به‌عنوان یک اصل مهم تلقی می‌گردد. در بخش‌های درمانی می‌توان انتظار صدای زیادی را داشت. صدای ناشی از تجهیزات مختلف، وسایل ارتباط جمعی، انواع زنگ هشدار، وسایل درمانی و ... از جمله این موارد است. البته صدای ناشی از کار سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع را نیز باید به موارد یاد شده فوق اضافه نمود. این سرو صداها موجب پایین آمدن آسایش محیط شده که این امر از آنجایی که بر زمان استراحت و کیفیت خواب بیماران اثر بدی دارد، لذا مناسب چنین فضایی نمی‌باشد. از طرف دیگر همانند شرایط دمایی و رطوبتی، وجود تراز صوتی بالا باعث بوجود آمدن افزایش تنش‌های فردی در بیماران و کارکنان خواهد شد. منابع آلاینده صوتی در سیستم های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی شامل موارد زیر است:

- انتقال مستقیم صدای موتورخانه و اتاق تجهیزات مکانیکی به فضاهای مجاور
- صداهای هوابردی که توسط فن یا به‌دلیل سرعت بالای هوا در داخل کانال‌ها، اتصالات مربوط، پایانه‌ها یا دریچه‌های هوا تولید شده و به فضاهای درمانی راه می‌یابد.
- انتقال صدا از طریق دیواره‌های کانال‌ها به فضاهای مجاور
- صداهایی با فرکانس پایین که به‌واسطه نوع کانال‌کشی ایجاد می‌شود(مثلا هنگامی که نسبت طول به عرض کانال‌ها زیاد انتخاب شود)

نصب و انتخاب صحیح کانال‌کشی و دریچه‌های هوا و همچنین استفاده از عایق‌های صوتی و... تاثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش تراز صوتی ساختمان دارد. به‌منظور مشخص نمودن حد مجاز سطح تراز صوتی در فضاها از کمیتی بنام سطح تراز صوتی مجاز(NC) استفاده می‌شود. در فصل ۸ به تفصیل در این ارتباط و همچنین عوامل ایجاد و راه حل‌های

از بین بردن صداهای اضافی صحبت خواهد شد.

۹-۴ بهداشت در سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

با وجود آنکه درخصوص عوامل بیماری‌زا و نحوه کنترل آن در فصل‌های قبل صحبت شد، اما طراحان تاسیسات مکانیکی باید امکان بروز خطر عفونت و آلودگی به‌واسطه خود سیستم تاسیساتی را در نظر بگیرند. هر محلی که در آن رطوبت و مواد غذایی مناسب برای میکروارگانیزم‌ها وجود داشته باشد، امکان رشد و انتشار عفونت نیز بالا می‌رود. به طور کلی سطوح سخت (نظیر صفحات و ورق‌های فلزی) به‌دلیل امکان ایجاد و باقی ماندن رطوبت بر روی آن، سطوحی‌اند که امکان رشد میکروارگانیزم‌ها در آن‌ها زیاد است. البته محیط‌های متخلل و اسفنج گونه نظیر پوشال‌ها یا انواع پدهای سلولزی و فیلترها نیز به‌عنوان سطوحی که امکان ایجاد و رشد میکروارگانیزم‌ها در آن‌ها زیاد است، تلقی می‌گردد. از آنجا که در سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی امکان ورود گرد و غبار و رطوبت محتمل است، لذا باید در خصوص پایین آوردن شرایط رشد و نمو این ذرات عفونت‌زا دقت لازم را داشت.

در حقیقت یکی از وظایف طراحان تاسیسات مکانیکی به حداقل رساندن رطوبت و مواد غذایی مناسب رشد عوامل عفونت‌زا در تجهیزات تاسیساتی است. این امر نقش بازرسی و نگهداری دوره‌ای سیستم تاسیساتی را پر رنگ می‌کند. روش‌های کلی در جلوگیری از رشد و نمو میکروارگانیزم ها در سیستم‌های تاسیسات مکانیکی به شرح زیر است:

- از قرارگیری دریچه مکش هوا نزدیک محل آشغال‌های آلی نظیر برگ‌های خیس روی زمین، آشیانه خیس حیوانات، پسماندها، خاک مرطوب، چمن‌های زده شده و انباشته، محل تجمع گرد و غبار و ... اجتناب شود.
- حتی المقدور از قرار دادن دریچه مکش هوا در ارتفاع پایین و نزدیک سطح زمین حذر شود.
- قسمت خارجی دریچه مکش هوا باید به‌گونه‌ای باشد که باران یا برف یا سایر آلودگی‌ها وارد قسمت ورود هوا نشود.
- قسمت خارجی دریچه مکش هوا باید به‌گونه‌ای باشد که امکان لانه کردن پرندگان یا جمع شدن فضولات حیوانی به ویژه پرندگان در آن محل نباشد.
- زیر کویل‌های سرد در سیستم تاسیسات مکانیکی باید ناودانی مناسبی برای جمع آوری قطرات ناشی از چگالش رطوبت موجود در هوا وجود داشته باشد.

- هواسازها یا رطوبت‌زن‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که فرایند تبخیر به صورتی کامل انجام شود. از حضور قطرات آب و نفوذ آن به داخل شبکه توزیع هوا جدا خودداری گردد.
- فیلترها یا محیط‌های متخلل داخل کانال‌ها که وظیفه آنها گرفتن ذرات و گرد و غبار است، نباید خیلی نزدیک به منابع رطوبت‌زا نظیر رطوبت‌زن و کویل‌های سرد باشد.
- سرویس، نگهداری و تمیزکاری منظم و کامل هواسازها و تجهیزات تاسیساتی بسیار مفید است. باید فضای مناسب و در دسترس به همین منظور تعبیه و پیش بینی شود. در فصل ۸ اطلاعات کاملی در این رابطه ارائه شده است.

۴-۱۰ انعطاف پذیری تاسیسات به‌منظور امکان تغییر در آینده

در بیمارستان‌ها، تغییرات در تنوع خدمات ارائه شده و همچنین اندازه فضاهای درمانی امری متداول بوده و لذا بخش‌های درمانی همواره نیاز به اضافه کردن ظرفیت و گسترش دارند. حتی ممکن است این امر در بازه کمتر از ۱۰ سال کاری بیمارستان رخ بدهد. این مطلب موجب افزایش بارهای سرمایی و گرمایی و نیاز به نرخ بیشتری از تعویض و تهویه مطبوع هوا می‌شود و بدین ترتیب وظیفه تاسیسات مکانیکی ساختمان سنگین‌تر می‌گردد. بنابراین باید در طرح اولیه پیش‌بینی‌های لازم در این رابطه صورت پذیرد. تغییرات زیر در تاسیسات مکانیکی باید از همان ابتدای طرح اولیه مد نظر باشد:

- اندازه‌گذاری بالادستانه برای کانال‌کشی و لوله‌کشی
- طراحی و انتخاب تجهیزات تاسیساتی موتورخانه، انتقال و توزیع هوا و جریان آب با ظرفیت بالاتر از نیاز
- در نظر گرفتن فضای اضافی برای گسترش موتورخانه
- پیش بینی فضای مناسب در زیر کف به‌منظور عبور تجهیزاتی از قبیل لوله و کانال. این فضا برای آن است که بتوان در صورت نیاز به سرویس، تعمیر، تمیزکاری، اصلاح و اضافه نمودن ظرفیت این شبکه‌ها با کمترین خسارت در داخل ساختمان پرداخت.

۴-۱۱ طراحی هماهنگ سیستم تاسیسات ساختمانی

به‌منظور طراحی موفق سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، باید طراحی در تطابق و هماهنگی کامل با طرح کلی ساختمان باشد. در حقیقت مهندس طراح تاسیسات باید

از همان ابتدا در جریان طراحی ساختمان بیمارستان قرار گیرد و تا انتها و تکمیل طرح بر روند طراحی کامل بیمارستان نظارت داشته باشد. این امر کمک می‌کند تا بتوان بهترین شرایط در زمینه محل بخش‌های درمانی یا قرارگیری تاسیسات و تجهیزات مربوط را اعمال نمود. در اینجا برخی از نکاتی که باید مهندس طراح تاسیسات مکانیکی در طرح کلی مدنظر قرار دهد و به مهندسان طراح سایر جنبه های ساختمانی گوشزد نماید، بیان می‌گردد:

- دریچه‌های مکش هوا و دریچه‌های تخلیه هوا باید در محلی باشد که امکان ورود آلودگی به داخل ساختمان وجود نداشته باشد.
- موتورخانه و اتاق تجهیزات تاسیساتی باید به آسانی در دسترس باشد و همچنین در جایی تعبیه شود که کمترین اندازه تجهیزات توزیع هوا و آبرسانی را موجب گردد. این امر علاوه بر صرفه اقتصادی موجب کاهش سر و صدا نیز خواهد شد.
- موتورخانه و اتاق تجهیزات تاسیساتی باید در جایی و به نحوی طراحی گردد که کمترین سطح تراز صوتی را به فضاهای مجاور انتقال دهد.
- موتورخانه تاسیسات مکانیکی باید در محلی هماهنگ با اتاق تاسیسات الکتریکی، مخابراتی و شبکه توزیع آب، دفع فاضلاب و توزیع هوا باشد تا بهترین گزینه برای دسترسی و تعمیر و نگهداری فراهم شود.
- شفت یا فضای عمودی عبور تجهیزات مکانیکی و الکتریکی باید به‌گونه‌ای باشد که ضمن عبور آسان لوله‌ها، کانال‌های هوا و کابل‌ها، امکان دسترسی برای تعمیر و نگهداری فراهم باشد.

۵ سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

۵-۱ مقدمه

تفاوت اصلی در طراحی سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع ساختمان معمولی و بیمارستانی در اهمیت، نوع و میزان نیاز به تامین اختلاف فشار بین فضاها و اتاقهای داخل بخش‌های درمانی خلاصه می‌شود. به صورت کلی هوا باید از سمت فضاهای پاک به سمت فضاهای با تمیزی کمتر جریان یابد (برای اطلاعات بیشتر به فصلهای ٤ و ۱۰ رجوع شود.).

در مراکز درمانی باید میزان تصفیه هوا در فضاهای مربوط به بیماران بیشتر از دیگر قسمتها باشد. در این دستورالعمل، راهنما و توصیه‌های لازم برای طراحی سیستم تعویض هوا و کنترل رطوبت در چنین فضاهایی ارائه شده است. در فصل ٤، اهمیت و محدوده تعویض هوا و تامین اختلاف فشار در مراکز درمانی مورد بررسی قرار گرفته است.

رعایت الزامات خاص برای اتاقهای عمل ایجاب می‌کند که در انتخاب سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی نکات و محدودیتهایی اعمال شود. این الزامات خاص در اتاقهای عمل شامل کنترل دقیق دما و رطوبت، فشار، تصفیه هوای ورودی، حد و میزان بازگردانی هوا و ضریب تاثیر تعویض هوا در سیستم هوایی می باشد (در فصل ۱۰ به صورتی مفصل به این مطلب پرداخته شده است).

یک سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع که به درستی طراحی شده باشد باید

عملکرد پایدار و قابل اعتمادی داشته باشد. به طور مثال ایجاد دما و رطوبت مناسب، تامین میزانی کافی از هوای ورودی از بیرون ساختمان، وجود دسترسی مناسب جهت تعویض و تعمیر قطعات سیستم، انجام تعمیرات دوره‌ای تجهیزات تاسیسات مکانیکی، امکان تامین پایدار هوای داخل با کیفیت مطلوب و در نهایت صرفه‌جویی در مصرف انرژی از جمله اهداف یک سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مناسب می‌باشد.

سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع که در آنها سیال عامل هواست را می-توان به دو دسته اصلی طبقه‌بندی کرد: سیستمهای حجم‌ثابت(CAV) و سیستم‌های حجم-متغیر(VAV). سیستمهای حجم ثابت عموما در بخشهای نگهداری بیماران در بیمارستان مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته در این بخشها به شرط استفاده از سیستمهای مناسب کنترلی می‌توان از سیستمهای حجم متغییر نیز استفاده نمود. ساده ترین راهکار برای ایجاد و اعمال اختلاف فشار نسبی هوا بین اتاقهای مختلف مثلا در اتاقهای عمل یا آزمایشگاهها، انتخاب و استفاده از سیستمهای حجم ثابت میباشد (در فصل ۱۰ میزان و نحوه ایجاد اختلاف فشار نسبی بین فضاها بیان شده است). به طور معمول در فضاهایی که اختلاف فشار نسبی هوا بین آنها کنترل نمی‌شود مثل بخشهای اداری، سیستمهای VAV مورد استفاده قرار می گیرد.

برخی از استانداردهای بین‌المللی، استفاده از سیستم سرمایشی انبساط مستقیم (DX) را در اماکن درمانی ممنوع کرده‌اند. در فصل ٦، اطلاعات جامعی در ارتباط با محدودیتهای انتخاب و طراحی انواع کویلهای سرد در تاسیسات بیمارستانی ذکر شده است.

۵-۲ سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

در تاسیسات ساختمانی، سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع به ۳ دسته اصلی تقسیم می‌شود: سیستمهای هوایی، سیستمهای آبی و سیستمهای آبی-هوایی. جدول ۵-۱ انواع سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع که در این سه دسته قرار می-گیرند را نشان می دهد.

جدول ۵-۱ طبقه بندی انواع سیستم های سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

دسته سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی	انواع سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی
سیستم هوایی	حجم ثابت از نوع تک کانالی با پایانه بازگرمایش حجم ثابت از نوع دو کانالی چند منطقه ای حجم متغیر از نوع تک کانالی حجم متغیر از نوع دو کانالی
سیستم آبی-هوایی	هوا محور همراه پایانه القایی ورود هوا هوا محور با فن کویل فن کویل (محدود به فضاهای غیر کلینیکی درمانی)
سیستم آبی	تابش محیطی پانل های تابشی
سیستم مستقل	دستگاه تهویه مطبوع پایانه‌ای یکپارچه دستگاه تهویه مطبوع اسپلیت

سیستمهای هوایی، بار کامل سرمایشی نهان و محسوس اتاق را از طریق ورود هوای سرد به داخل اتاق تامین می‌کنند. در این گونه سیستمها به هیچ سیستم کمکی برای خروج گرما از ساختمان نیاز نیست. گرمایش می‌تواند از طریق دستگاه هواساز یا در فضای مورد نظر تامین شود.

در سیستمهای آبی-هوایی، به منظور گرمایش و سرمایش، آب و هوای گرم یا سرد شده از طریق کانال‌کشی و لوله کشی به پایانه های نصب شده در فضای مورد نظر، انتقال می-یابد. آب و هوای مذکور به وسیله تجهیزات مستقر در موتورخانه گرم یا سرد می‌شود.

در سیستمهای آبی، شرایط طرح محیط داخل به وسیله آب سردی که توسط تاسیسات سرمایشی مرکزی (موتورخانه‌ای) تولید شده و در مبدلهای حرارتی یا پایانه‌های داخل یا مجاور فضاهای داخلی جریان می‌یابد، تامین و کنترل می‌شود. گرمایش نیز می‌تواند به وسیله جریان آب گرم (تولیدی در دیگهای موتورخانه مرکزی) در همین شبکه لوله‌کشی یا شبکه لوله‌کشی مستقل دیگری فراهم شود.

در جدول ۵-۲ سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع که معمولا در بخشهای درمانی قابلیت کاربری دارند، به صورت خلاصه ذکر شده است. انتخاب نهایی سیستم تاسیساتی به عملی بودن طرح، محدوده عملکردی مورد انتظار، هزینه اولیه، هزینه جاری و هزینه نگهداری و استهلاک در بازه عمر کاری بستگی دارد.

جدول ۵-۲ کاربری انواع سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوعی

نوع بخش یا فضای درمانی	انواع سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع
مراقبت ویژه	حجم ثابت از نوع تک کانالی با پایانه بازگزمایشی حجم ثابت از نوع دو کانالی حجم متغیر با بازگرمایش
فضاهای حساس[۱]	سیستم های مستقل (از نوع تبریدی)[۲]
کلینیک	حجم ثابت از نوع تک کانالی با پایانه بازگرمایشی حجم ثابت دو کانالی چند منطقه‌ای حجم متغیر با بازگرمایش حجم متغیر از نوع تک کانالی از نوع پایانه فن دار سیستم تابشی محیطی (در صورت نیاز)[۳]
اداری و پشتیبانی عمومی	حجم ثابت از نوع تک کانالی با پایانه بازگزمایشی حجم ثابت دو کانالی چند منطقه ای حجم متغیر با بازگرمایش حجم متغیر دو کانالی حجم متغیر از نوع تک کانالی از نوع پایانه فن‌دار فن کویل (فقط در فضاهای غیر درمانی) سیستم تابشی محیطی (در صورت نیاز)[۳]
فضاهای پشتیبانی (کلینیکی)[٤]	حجم ثابت از نوع تک کانالی با پایانه بازگزمایشی حجم ثابت دو کانالی چند منطقه ای حجم متغیر با بازگرمایش

	حجم متغیر دو کانالی سیستم تابشی محیطی (در صورت نیاز)[۳]
فضاهای بستری بیمار	حجم ثابت از نوع تک کانالی با پایانه بازگزمایشی حجم ثابت دو کانالی چند منطقه ای حجم متغیر با بازگرمایش حجم متغیر دو کانالی سیستم تابشی محیطی (در صورت نیاز)[۳]
آزمایشگاه	حجم ثابت از نوع تک کانالی با بازگرمایش پایانه ای حجم ثابت دو کانالی چند منطقه ای حجم متغیر با بازگرمایش سیستم تابشی محیطی (در صورت نیاز)[۳]

۱ فضاهای حساس، به تجهیزات کنترل محیطی خاصی نیازمندند. به عنوان مثالی از این فضاها می‌توان از اتاق رایانه، اتاق ارتباطات (اتاق تلفن) و اتاق MRI نام برد.

۲ سیستم سرمایشی مستقل شامل چیلر آب خنک نمی‌باشد.

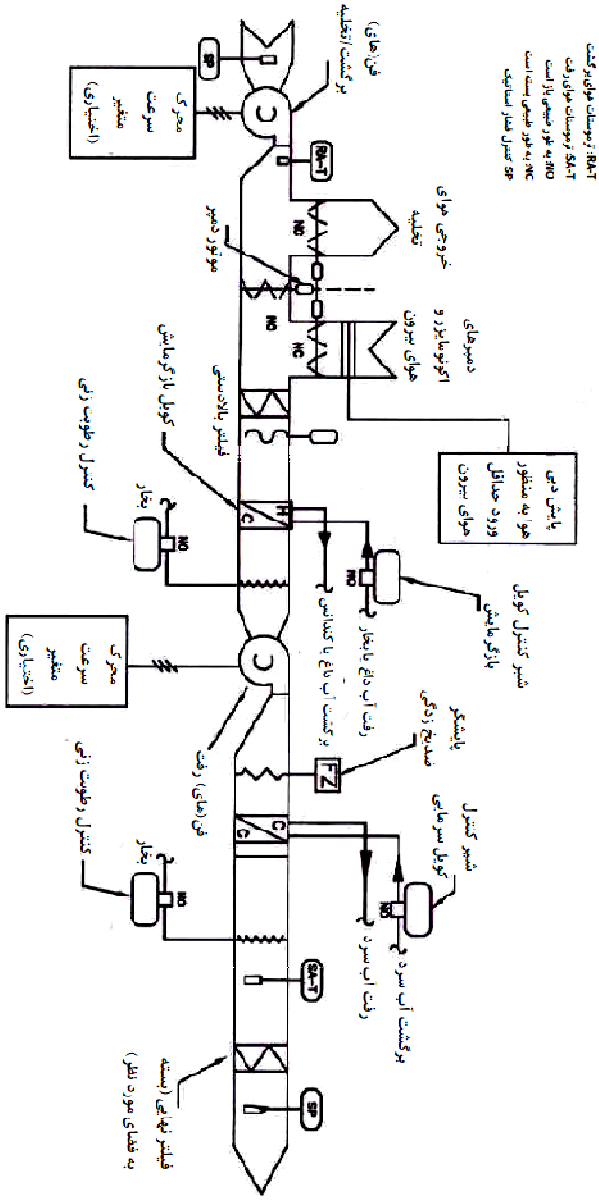
۳ به بخش ۵-۵-۱ رجوع شود.

٤ فضاهای پشتیبانی کلینیکی شامل فرایند استریل‌سازی و خدمات غذا می‌باشد.

۵-۳ سیستم‌های هوایی

در سیستم هوایی، یک چیلر، آب خنک را برای یک یا چند هواساز تامین می‌کند. در داخل هواسازها، هوای تازه و هوای برگشتی با هم ترکیب می‌شود. هر هواساز دارای فیلتر، کویل‌های سرمایی و گرمایی و فن‌ها بوده که همگی در یک اتاقک عایق‌دار گنجانده شده‌اند. هوا پس از گذر از دستگاه‌های هواساز، از طریق کانال‌ها (معمولابا فشار متوسط) به پایانه‌ها (دارای دریچه هوا) رفته و سپس از طریق سیستم توزیع کم‌فشار به فضای داخلی مورد نظر وارد می‌شود. به منظور تنظیم شرایط محیط داخل به صورت دقیق و مجزا از سایر فضاها، پایانه‌ها ممکن است مجهز به کویل آب داغ، بخار یا کویل‌های الکتریکی باشند. هوای برگشتی از فضای داخلی، از طریق دریچه هوای برگشتی و کانال برگشت و با استفاده از فن‌های تخلیه یا برگشتی برای بازگردانی هوا یا تخلیه کامل وارد هواساز می‌شود. در شکل ۵-۱

طرح کلی سیستم هواساز نشان داده شده است.



شکل ۵-۱ شمای کلی سیستم هواساز

۵-۳-۱ سیستم‌های حجم ثابت یا متغیر تک کانالی با پایانه بازگزمایشی

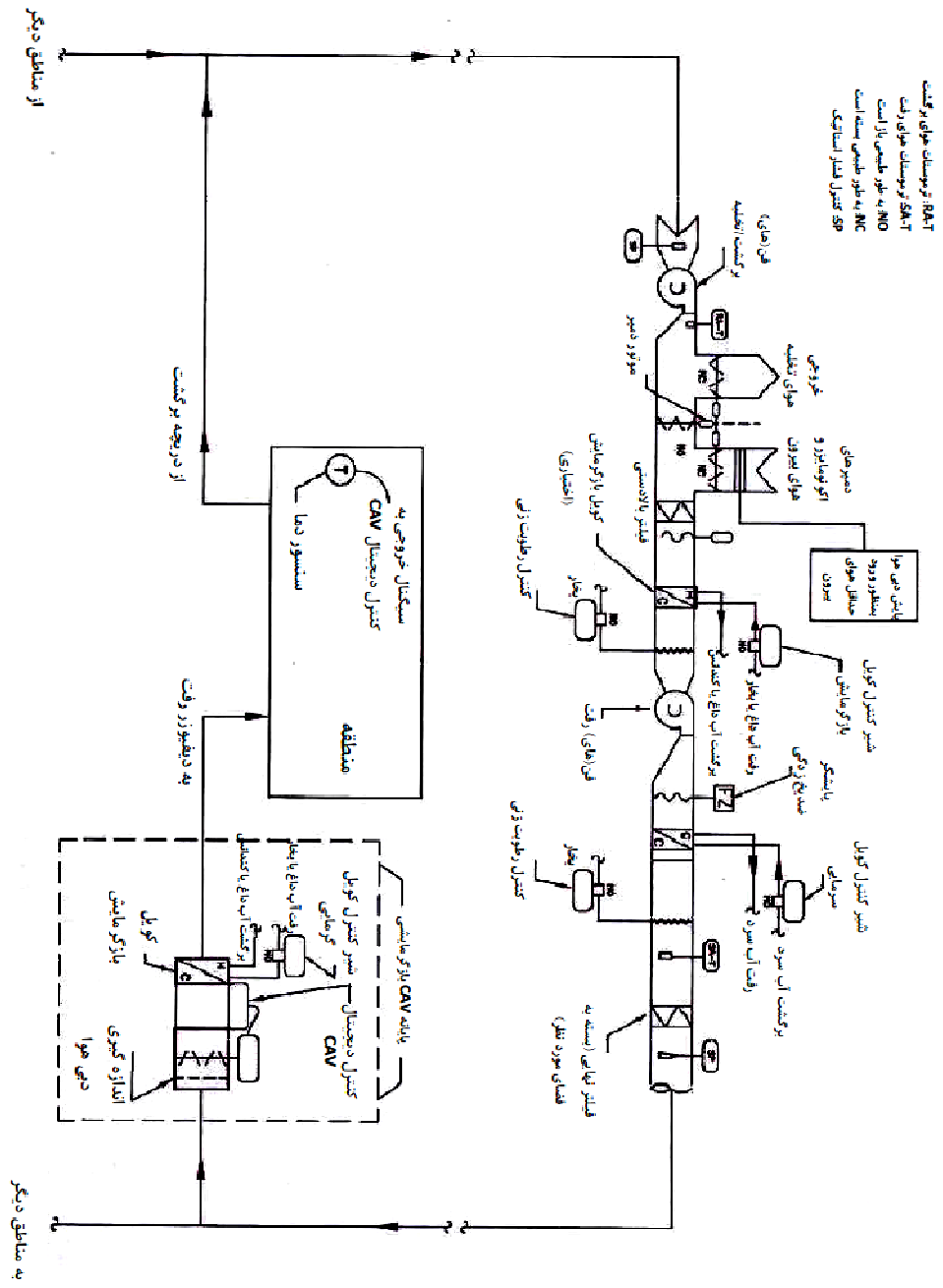
در حال حاضر، سیستمهای حجم ثابت با بازگرمایش، رایج‌ترین سیستمها در بیمارستان‌ها هستند. سیستم‌های حجم متغیر با بازگرمایش نیز به دلیل قابلیت اینگونه سیستمها در تنظیم اختلاف فشار مناسب بین فضاهای مختلف درمانی، به طورگسترده ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. وجود یا عدم وجود و همچنین نوع سیستم بازگرمایش با توجه به امکانات تاسیساتی موجود باید مورد استفاده قرار گیرد. شکل۵-۲ شمای کلی یک سیستم حجم ثابت بازگرمایشی و شکل ۵-۳ طرح کلی یک سیستم حجم متغیر هوایی بازگرمایشی را نشان می‌دهد.

مزایا

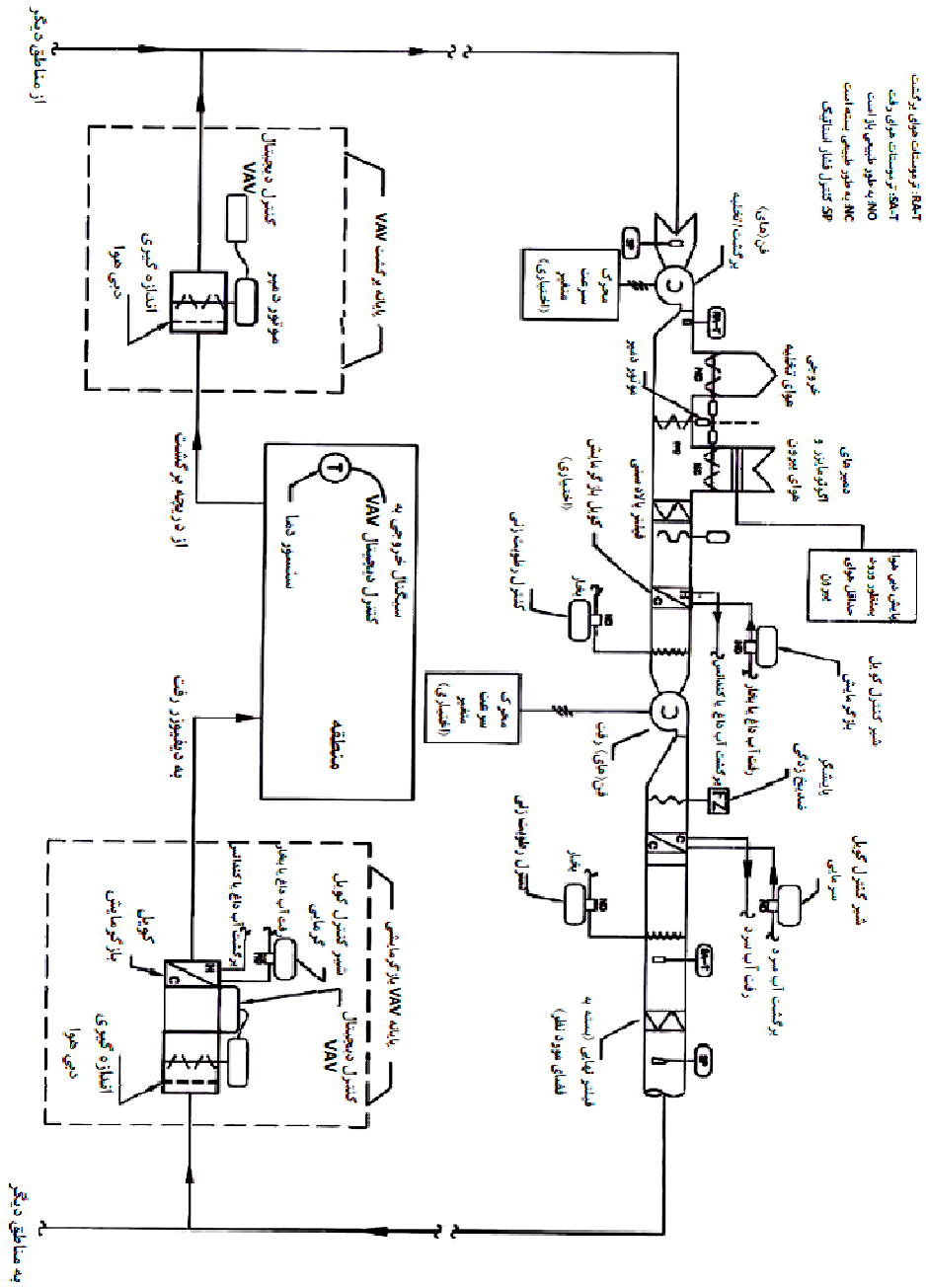
- در اینگونه سیستمها، تجهیزات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع در یک محل تجمع یافته‌اند که این امر سهولت در عملیات تعمیر و نگهداری را در پی دارد.
- به دلیل تمرکز تجهیزات مرکزی با توجه به وجود تنوع بارهای سرمایی و گرمایی در زمانهای مختلف، قابلیت بهینه‌سازی ابعاد موتورخانه مرکزی وجود دارد.
- در اینگونه سیستمها می‌توان از تجهیزات بازیافت انرژی از نوع هوایی استفاده نمود.
- قابلیت تعویض هوای فضاهای مختلف درمانی به صورت مناسب
- کنترل مناسب رطوبت‌زدایی هوا
- کنترل مناسب فشار فضاهای مختلف درمانی
- کنترل مناسب دبی هوای تعویضی
- قابلیت تصفیه هوا با کیفیت بالا

معایب

- از آنجا که برای کنترل دمای برخی فضاها نیاز به بازگرمایش هوای خنک شده در پایانه روی کانال رفت است، می‌توان نتیجه گرفت که این امر در سیستم‌های حجم ثابت موجب مصرف انرژی بالا می‌شود (ابتدا هوا سرد و سپس گرم می‌شود).
- هزینه‌های اولیه این سیستم نسبت به سیستم‌های مستقل بالاتر است.
- سیستمهای هوایی نیازمند فضای زیادی جهت استقرار موتورخانه مرکزی، هواسازها، کانال کشی و ... می‌باشند.



شکل۵-۲ شمای کلی سیستم حجم ثابت با پایانه بازگرمایشی



شکل ۵-۳ شمای کلی سیستم حجم متغیر با پایانه بازگرمایشی

۵-۳-۲ سیستم حجم متغیر تک کانالی از نوع پایانه فن‌دار

وظیفه پایانه‌ها در سیستم حجم هوا متغیر، تامین و تنظیم حجم هوای مورد نیاز با دمایی مطابق شرایط محیط فضای داخلی مورد نظر است که کنترل دما با گرمایش هوا بوسیله کویلهای آب داغ، بخار یا المنت‌های الکتریکی موجود در پایانه مذکور به انجام می‌رسد. پایانه فن‌دار، همانگونه که از نامش پیداست مجهز به فن برای بازگردانی هوای اتاق به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کنترل بهتر و دقیق‌تر دما می‌باشد. این پایانه‌های فن‌دار، می تواند در سیستمهای حجم ثابت یا حجم متغیر به کار رود. (برای جزئیات بیشتر به فصل ۸ مراجعه شود.)

مزایا

- به دلیل تجمیع تجهیزات موتورخانه در یک فضا، عملیات تعمیر و نگهداری، آسان و سریع و دقیق است.
- تجمیع تجهیزات مرکزی با توجه به وجود تنوع بارهای سرمایی و گرمایی در زمانهای مختلف، موجب بهینه‌سازی ابعاد موتورخانه مرکزی می‌شود.
- در اینگونه سیستمها می‌توان از سیستمهای بازیافت انرژی از نوع هوایی استفاده نمود.
- به دلیل استفاده از فن‌های دور-متغیر، هزینه انرژی کاهش می‌یابد.
- قابلیت تعویض هوای فضاهای مختلف درمانی به صورت مناسب
- کنترل مناسب رطوبت‌زدایی هوا
- کنترل مناسب دبی هوای تعویضی
- قابلیت تصفیه هوا با کیفیت بالا
- استفاده از هوای اتاق (بازگردانی هوا) به منظور بازگرمایش هوای ورودی به اتاق

معایب

- هزینه‌های اولیه این سیستم نسبت به سیستم‌های مستقل بالاتر است.
- در اینگونه سیستمها، توجه خاص به مسایل آکوستیکی ضروری است.

۵-۳-۳ سیستم‌های دوکاناله

سیستم‌های دوکاناله، هوای عبوری از هواساز را به فضای داخلی از طریق دو کانال موازی توزیع می‌کند. یک کانال حامل هوار خنک و دیگری حامل هوای گرم است. از این

طریق هوای گرم و هوای سرد در تمامی اوقات فراهم است و با ترکیب این دو هوا، می‌توان بر اساس شرایط طرح محیط داخل (اعم از دما، رطوبت و میزان هوادهی و ...) فضاهای مختلف، هوای مناسبی را به این فضاها انتقال داد.

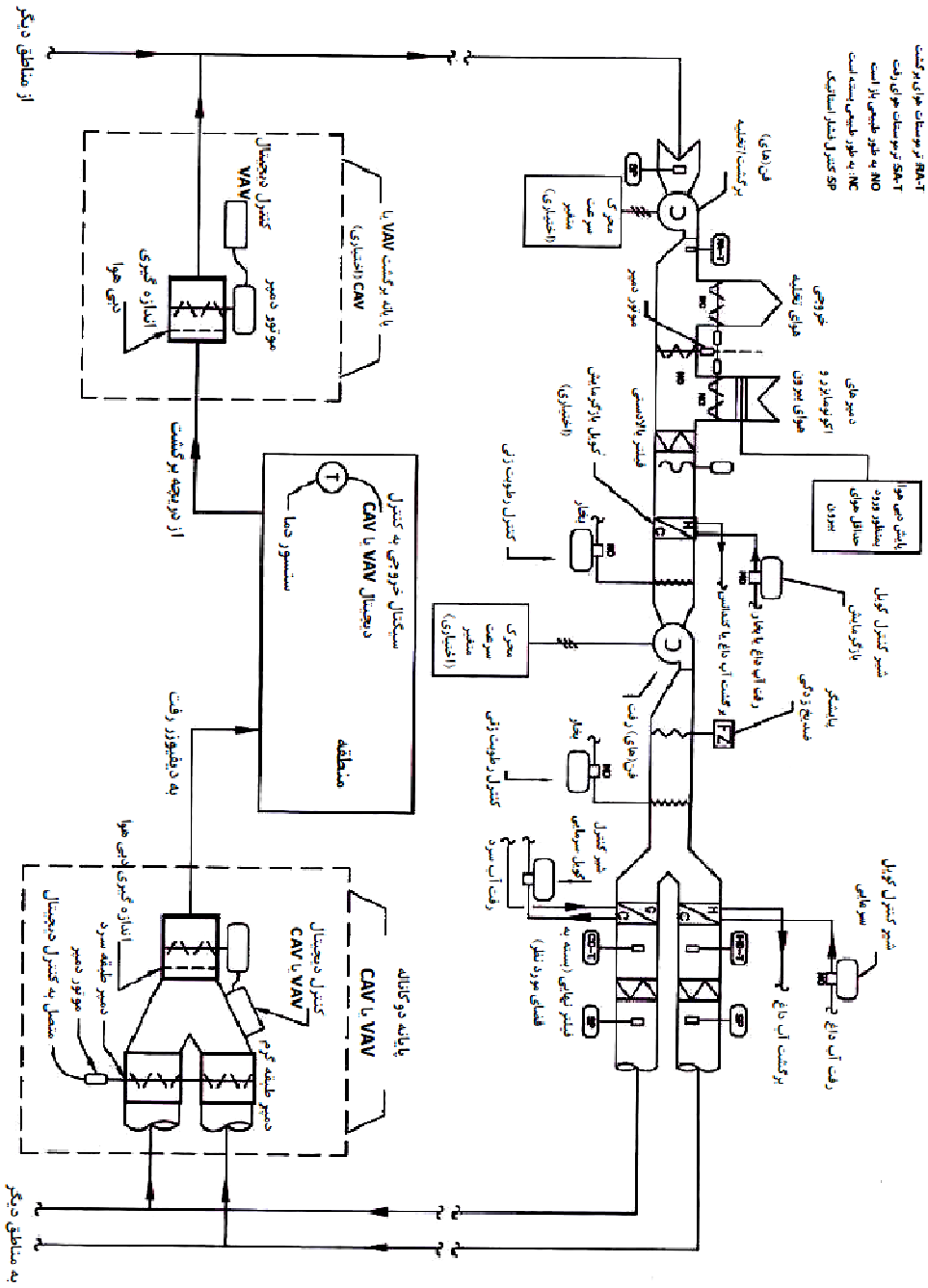
سیستم‌های دوکاناله، جایگزین مناسبی برای سیستم‌های تک‌کاناله هستند. این سیستم‌ها امکان کنترل مناسب دما و میزان رطوبت به ازای بارهای مختلف گرمایی و سرمایی در زمانهای مختلف و برای فضاهای متفاوت را دارند. این سیستمها در دو نوع حجم ثابت و متغیر وجود دارند. در شکل ٥-٤ طرح کلی از سیستم دو کاناله آورده شده است. روش‌های مختلفی برای طراحی این سیستمها می‌توان در نظر گرفت که در ذیل تشریح می‌شوند.

دو کاناله با دو فن (حجم هوای ثابت یا متغیر)

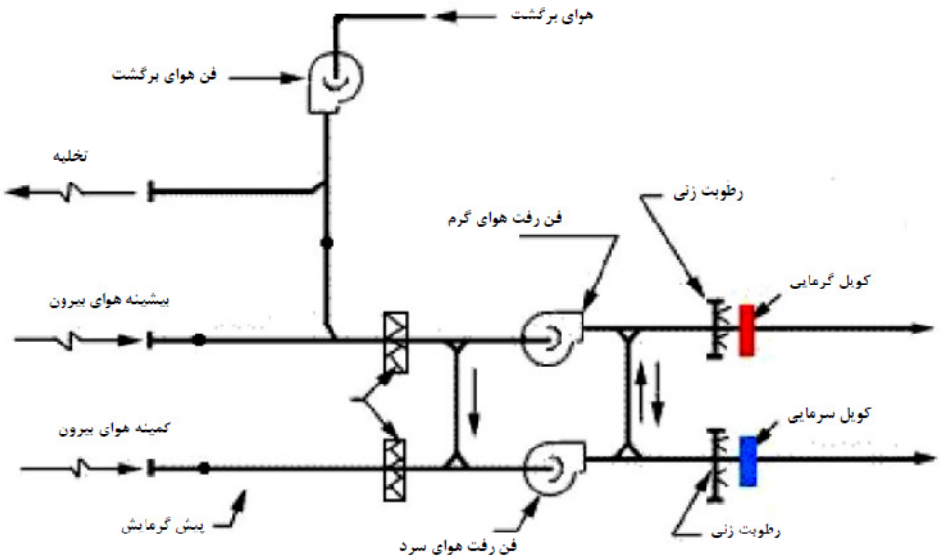
سیستم‌های دوکاناله با دو فن، به منظور ایجاد ترکیب هوای مناسب از دو هواساز مستقل استفاده می‌کنند. مطابق شکل ٥-٥ هواساز سمت سرد، هوای بیرون را مکیده و سپس آن را با هوای برگشتی ترکیب کرده تا بر حسب نیاز، هوای رفت خنکی برای ساختمان تامین گردد. در این هواساز می‌توان از یک سیستم بازیافت انرژی استفاده نمود تا سرمایش موجود در هوای برگشتی موجب پیش سرمایش هوای بیرون قبل از عبور از کویل سرد گردد. همانگونه که در شکل ٥-٥ دیده می‌شود، در هواساز سمت گرم، هوای برگشتی، تصفیه شده و بازگردانی می‌شود.

دو کاناله تک فن (حجم هوای متغیر)

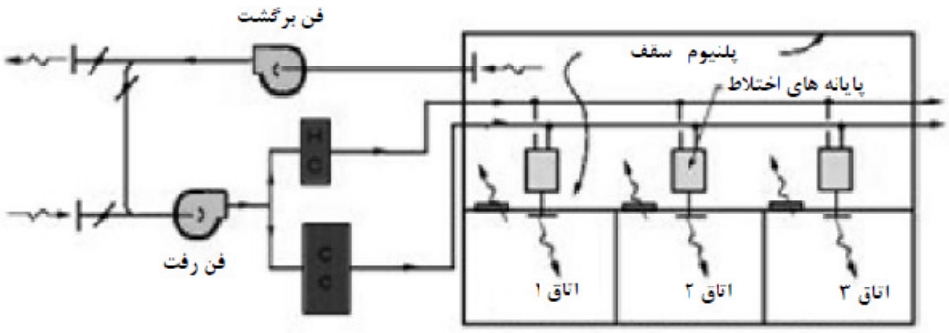
در هواساز، جریان هوای سرد (عبوری از کویل سرد) و جریان هوای گرم (عبوری از کویل گرم) تامین شده و به سمت پایانه کانال‌کشی می‌شود. در پایانه، مخلوطی از این دو جریان هوای مجزا به وجود می‌آید به نحوی که بتواند نیاز انرژی فضای داخلی را با دمای مشخص تامین نماید. هوای فضای داخلی نیز از طریق دریچه های برگشتی مکیده شده و از طریق کانال برگشت، مجددا به منظور بازگردانی یا تخلیه، به سمت هواساز برگردانده می‌شود (شکل٥-٦).



شکل ٥-٤ شمای کلی سیستم حجم ثابت یا حجم متغیر از نوع دو کاناله



شکل ۵-۵ شمای کلی سیستم دو کانالی با دو فن



شکل ۵-۶ شمای کلی سیستم دو کاناله تک فن

مزایا

- به دلیل تجمیع تجهیزات موتورخانه در یک فضا، عملیات تعمیر و نگهداری، آسان و سریع و دقیق است.

- تجمیع تجهیزات مرکزی با توجه به وجود تنوع بارهای سرمایی و گرمایی در زمانهای مختلف موجب بهینه سازی ابعاد موتورخانه مرکزی می‌شود.
- در اینگونه سیستمها می‌توان از سیستمهای بازیافت انرژی از نوع هوایی استفاده نمود.
- به دلیل استفاده از فن‌های دور-متغیر، هزینه انرژی کاهش می یابد.
- قابلیت تعویض هوای فضاهای مختلف درمانی به صورت مناسب
- کنترل مناسب رطوبت‌زدایی هوا
- کنترل مناسب دبی هوای تعویضی
- قابلیت تصفیه هوا با کیفیت بالا
- برای کنترل مناسب فشار هوای ساختمان مناسب است.

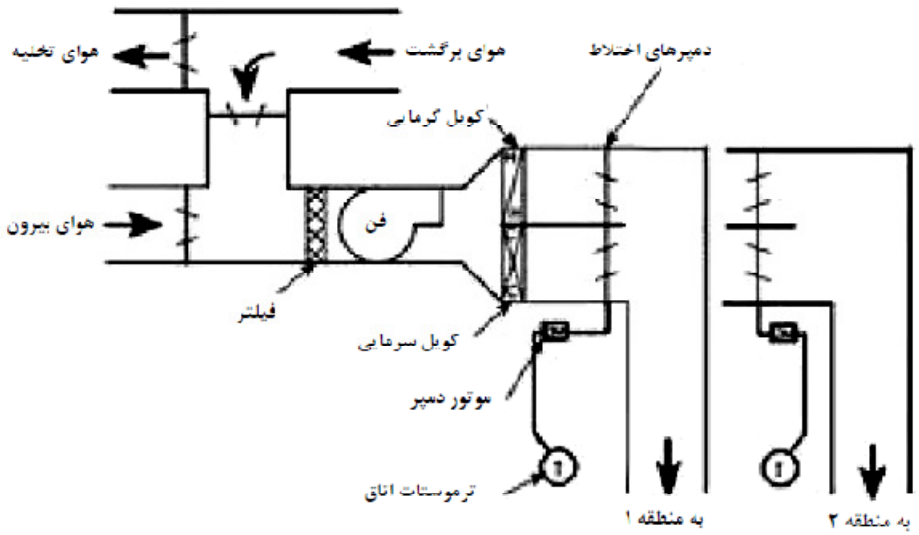
معایب

- هزینه‌های اولیه این سیستم نسبت به سیستم‌های مستقل بالاتر است.
- در اینگونه سیستمها، نیاز به فضا و حجم کانال‌کشی فراوانی در سقف کاذب است که موجب افزایش ارتفاع ساختمان و افزایش هزینه های مربوط می‌شود.
- در اینگونه سیستمها، توجه خاص به مسایل آکوستیکی ضروری است.

۵-۳-۴ سیستم‌های چند منطقه‌ای

در یک سیستم چندمنطقه‌ای، بر اساس سیگنال ترموستات تعبیه شده در فضاهای مختلف داخلی، دمپرهای مسیرهای هوای سرد و گرم به نحوی باز، بسته یا کنترل می‌شوند که ترکیب هوای سرد (عبوری از کویل سرد) و هوای گرم (عبوری از کویل گرم) در هواساز مرکزی بتواند نیازهای گرمایی و سرمایی همه فضاها را فراهم کند. تفاوت یک سیستم چند-منطقه‌ای با سیستم دوکاناله در آن است که در سیستم دوکاناله در واقع تنها دو کانال سرد و گرم مجزا وجود دارد که هوای گرم یا سرد را تولید نموده و در پایانه مورد نظر مخلوطی از این دو هوا به منظور برآورده کردن نیاز گرمایشی و سرمایشی فضای مورد نظر به وجود می‌آید. حال آنکه هواساز سیستم چندمنطقه ای، خود به تعداد منطقه‌های مختلف مورد نظر، دارای کانالهای مختلفی از هواست و وظیفه هوادهی هر منطقه را به طور مجزا داراست. در ابتدای هر کدام از این کانالها دو مسیر مجزای هوای گرم و سرد وجود دارد که این مسیرها به ترتیب مجهز به کویلهای سرد و گرم می‌باشند. همانطور که قبلا گفته شد دمپرهایی نیز بر روی این مسیرها وظیفه اختلاط این دو جریان هوا را به منظور حصول

شرایط مناسب هوای انتقالی به منطقه مورد نصب شده است. در شکل۵-۷ شمایی از این سیستم آمده است.



شکل۵-۷ شمای کلی سیستم چند منطقه ای

چیلر مرکزی و دیگ مرکزی، به ترتیب آب سرد و آب گرم کویلهای سرد و گرم موجود در هواساز مرکزی را تامین می‌کنند. همانطور که در شکل ۵-۷ آمده، هوای برگشتی و هوای تازه بیرون ترکیب شده و پس از گذر از فیلتر مناسب و وارد شدن به کویلهای سرد و گرم به منطقه‌های جداگانه و به فضاهای مختلف وارد می‌شود. فیلترها، کویل‌های سرمایی و گرمایی و فن همگی در محفظه‌ای عایق‌دار گنجانده می‌شوند.

مزایا

- به دلیل تجمیع تجهیزات موتورخانه در یک فضا، عملیات تعمیر و نگهداری، آسان و سریع و دقیق است.
- تجمیع تجهیزات مرکزی با توجه به وجود تنوع بارهای سرمایی و گرمایی در زمانهای مختلف موجب بهینه سازی ابعاد موتورخانه مرکزی می‌شود.
- در اینگونه سیستمها می‌توان از سیستمهای بازیافت انرژی از نوع هوایی استفاده نمود.

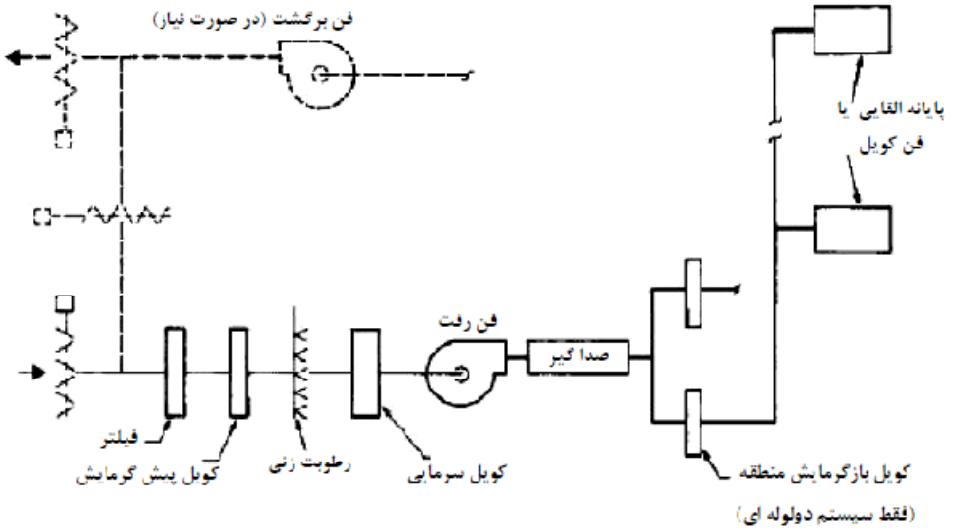
- قابلیت تعویض هوای فضاهای مختلف به صورت مناسب
- کنترل مناسب رطوبت‌زدایی هوا
- برای کنترل مناسب فشار هوای فضاهای ساختمان مناسب است.
- کنترل مناسب دبی هوای تعویضی
- قابلیت تصفیه هوا با کیفیت بالا

معایب

- هزینه‌های اولیه این سیستم نسبت به سیستم‌های مستقل بالاتر است.
- نیاز به فضای نسبتا زیاد برای موتورخانه مرکزی، هواساز چند منطقه‌ای و همچنین فضای عمودی برای عبور کانال به طبقات مختلف ساختمان است.
- در اینگونه سیستمها، نیاز به فضا و حجم کانال‌کشی فراوانی در سقف کاذب است که موجب افزایش ارتفاع ساختمان و افزایش هزینه های مربوط می‌شود.

۵-۴ سیستم های آبی-هوایی

سیستمهای آبی-هوایی، آسایش محیط داخل را با استفاده از آب سرد یا گرمی که در تاسیسات سرمایشی یا گرمایشی مرکزی تولید شده و تا پایانه‌های آبی-هوایی لوله‌کشی شده است انجام می‌دهند. پایانه‌ها در حقیقت مبدل‌های حرارتی آب به هوا هستند که در فضاهای مورد نظر قرار گرفته‌اند و گرما یا سرما را به محیط پیرامون خود می‌دهند. نمای کلی یک سیستم آبی-هوایی در شکل ۵-۸ نشان داده شده است.



شکل ۵-۸ شمای کلی سیستم القایی آبی-هوایی

۵-۴-۱ پایانه القایی آبی-هوایی

این سیستم برای ساختمان‌های جدید یا توسعه ساختمانهای موجود توصیه نمی‌شود. استفاده از آنها در گذشته رایج بود و به همین خاطر مهندسان ممکن است در ساختمان‌های موجود با این سیستمها مواجه شوند. توصیف ذیل تنها برای ارائه اطلاعات مختصری در این زمینه است.

سیستمهای القایی شامل هوای رفت پر فشار یا کم فشاری است که در هواساز مرکزی تامین و تولید شده که این هوا به پایانه مختص اینگونه سیستمها وارد می‌شود.

این هوای رفت موسوم به هوای اولیه بوده و از طریق نازل‌هایی وارد پایانه می‌شود. تفاوت فشار هوای اولیه با فشار هوای داخل اتاق در پایانه موجب مکش مقداری از هوای اتاق و ورود آن به پایانه و ترکیب آن با هوای رفت یا هوای اولیه شده و این هوای ترکیبی به اتاق وارد می‌شود. میزان دمای مناسب برای فضای مذکور و در نتیجه نیاز گرمایی یا سرمایی اتاق، توسط ترموستات موجود در اتاق کنترل می‌شود. دستور ترموستات باعث عمل نمودن (باز، بسته یا کنترل) شیر موجود روی کویل تعبیه شده در پایانه شده و میزان دبی آب سرد یا گرم عبوری از کویل به فراخور، تغییر می‌کند. انواع سیستمها و همچنین

مزایا و معایب آنها در ادامه تشریح شده است.

پایانه القایی کم فشار :

هوای رفت از هواساز و در فشار ۵۰ تا ۱۲۵ پاسکال (۰/۲ in. w.g. تا ۰/۵) به پایانه القایی اتاق تحویل می‌شود.

پایانه القایی پر فشار :

هوای رفت از هواساز در فشاری بیش از ۱۲۵ پاسکال (۰/۵ in. w.g.) به پایانه القایی اتاق تحویل می‌شود.

پایانه القایی با حجم متغیر هوا

واحد القا با حجم متغیر هوا، کار تنظیم مقدار هوای اولیه در حداقل مقدار قابل قبول را انجام می‌دهد. در زمان نیاز، کویل بازگرمایش موجود در پایانه القایی می‌تواند کار تنظیم جریان آب داغ را به منظور حفظ دمای محیط، انجام دهد.

مزایا

- بدون قطعات چرخنده، تعمیر و نگهداری کم
- آرام و بدون مشکلات سر و صدا
- کنترل محلی و منطقه ای مناسب

معایب

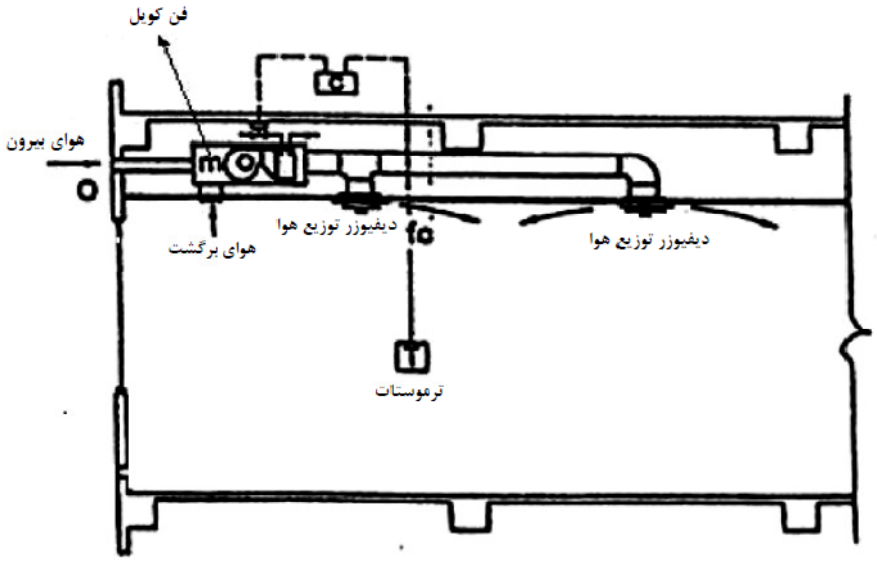
- هوای برگشتی از سطح زمین مکیده شده و ممکن است در طی این فرایند، مواد آلوده از سطح زمین وارد سیستم شود.
- هیچ تصفیه محلی امکان پذیر نیست. تولید کنندگان، فیلتر با توری کتان را به عنوان تنها گزینه موجود ارائه می‌کنند. این در حالی است که برخی اتاق‌های خاص نگهداری بیماران، نیازمند تصفیه هوای مناسب به صورت محلی هستند و توریهای کتان نمی-توانند استانداردهای الزامی تصفیه هوای بیمارستانی را برآورده کنند.
- در این سیستمها نیاز به رایزر و مسیر هوای رفت در پشت دیورای است که پایانه در آن واقع است. در هر ارتفاع، معمولا تنها دو پایانه القایی می‌توانند از یک رایزر یا مسیر هوای رفت تازه تغذیه کنند. این امر هزینه‌ها را افزایش داده و از طرف دیگر نیاز به دمپرهای ضد حریق دارد.

- امکان رطوبت‌زنی محلی وجود ندارد. تنها هواساز مرکزی می تواند با رطوبت زن‌های موجود در خود به کنترل میزان رطوبت بپردازد.
- در طول بازه سالیانه در پاره‌ای از زمانها حتما به بازگرمایش هوا از طریق کویلهای بازگرمایش موجود در پایانه القایی نیاز خواهد شد که این امر به افزایش مصرف انرژی می‌انجامد.
- در زمان عملیات تعمیر و نگهداری این سیستمها نمی‌توان از اتاق نگهداری از بیمار استفاده نمود. این پایانه ها مکررا نیاز به عملیات تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی شده دارند، چرا که ذرات معلق موجود در هوای برگشتی روی کویل و داخل پایانه القایی رسوب کرده و به جای می ماند که این امر نیاز به سرویس دوره‌ای را زیاد می‌کند.

۵-۴-۲ پایانه فن کویل

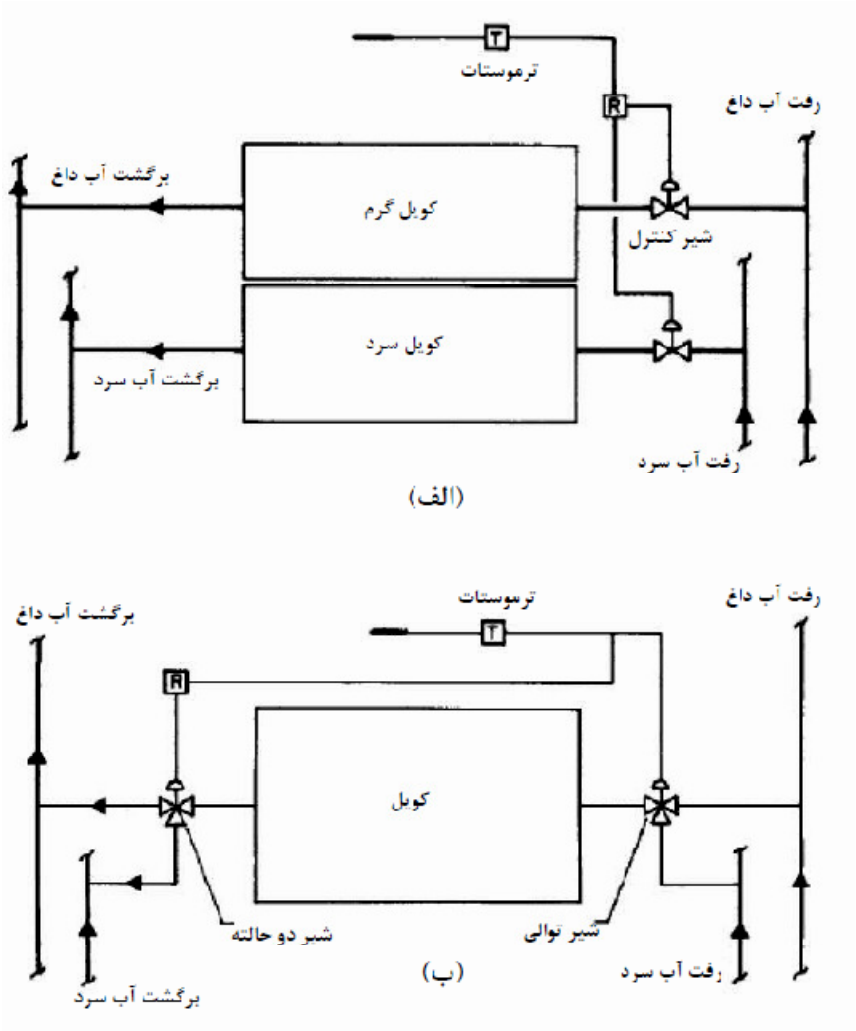
پایانه از نوع فن‌کویل دارای یک کویل لوله‌ای فین‌دار، فیلتر و فن است. این فن، هوا را به طور پیوسته از اتاق به داخل پایانه مکیده و پس از تصفیه و عبور از کویل (که حاوی جریان آب داغ یا سرد است) دوباره به اتاق بازگردانی می‌کند. برخی از فن‌کویل‌ها دارای گرم‌کن-های الکتریکی یا کویل بخار هستند. بخش فیلتر، معمولا یک فیلتر قابل شستشو یا قابل تعویض با کارایی کم (کمتراز ٪۲۵) است که کویل را در برابر چسبیدن و رسوب نمودن آلودگی و ضایعات محافظت می‌کند (می‌توان فن کویل‌ها را به کمک دمپر از طریق دیوارهای خارجی به هوای محیط بیرون برای تعویض هوا متصل کرد. البته در مراکز درمانی به دلیل ورود هوای تصفیه نشده این امر توصیه نمی‌شود). فن کویل‌ها عموما زمینی نصب می‌شوند اما مدل‌های سقفی نیز وجود دارند.

هوای خروجی از فن‌کویل را می‌توان از طریق کانال‌کشی به چند دریچه در داخل ساختمان متصل نمود، اما باید خاطر نشان نمود که فشار استاتیکی که فن ایجاد می‌کند پایین است لذا این کانالها نمی‌تواند بلند یا دارای افت فشار زیاد باشد. در اینگونه سیستمها، تعویض هوا با مکانیزم ترکیب هوای تازه ورودی با هوای بازگردانی شده صورت می‌گیرد (شکل۵-۹) یا اینکه مستقلا این هوا بدون ترکیب با هوای بازگردانی شده به داخل اتاق وارد می‌شود.



شکل۵-۹ نمای یک فن کویل سقفی (ترکیب هوای ورودی با هوای بازگردانی)

سیستم لوله‌کشی فن‌کویل به صورت دولوله‌ای یا چهارلوله‌ای است. در سیستم چهار-لوله‌ای، دو کویل مستقل گرم و سرد وجود دارد. هر کدام از این کویلها به طور مجزا به سیستم لوله‌کشی آب داغ و آب سرد متصل هستند که به ترتیب حامل گرما و سرمای تولیدی دیگ آب گرم و چیلر موجود در موتورخانه مرکزی می‌باشند. در این حالت گرمایش و سرمایش به طور همزمان در دسترس است. در حالی که در سیستم دو لوله‌ای تنها امکان گرمایش یا سرمایش بسته به فصل فراهم می‌شود (شکل۵-۱۰).



شکل۵-۱۰ انواع لوله کشی فن کویل الف) سیستم چهارلوله ای ب) سیستم دولوله ای

مزایا

- این سیستم می‌تواند به طور کاملا اقتصادی مناطق کنترل دمایی متعددی داشته باشد.
- این سیستم در فضا صرفه‌جویی کرده و در جایی که محدودیت ارتفاع سقف وجود دارد، بسیار مفید است.
- برای استفاده در سیستمهای آبی دما-پایین (مثل بازیافت انرژیی) مناسب است.

معایب

- کارایی و راندمان برخی از فن‌ها و موتورها بسیار پایین است.
- ممکن است وقتی بار نهان زیاد باشد، فرایند رطوبت‌زدایی با مشکل مواجه شود.
- فن‌کویل‌ها نیازمند فرایند تعمیر و نگهداری فراوان می‌باشند و تعویض منظم فیلتر، روغن‌کاری فن و موتور اجتناب‌ناپذیر است. از سوی دیگر همواره سینی تقطیر در معرض گرفتگی و سرریز است و چنانچه در پیرامون بیمار یا بخش های بالینی وجود داشته باشد، باعث ایجاد معضلاتی در زمینه کنترل عفونت می‌شود.
- فن‌ها می‌توانند بسیار پر سر و صدا باشند.
- یک فن‌کویل دولوله‌ای می‌تواند قابلیت کنترل دما را در برخی از فصل ها از دست بدهد.
- سیستم های فن کویلی می‌توانند هزینه اولیه بالایی داشته باشند.

۵-۵ سیستم های آبی

سیستمهای تماما آبی، آسایش محیط داخل را با استفاده از آب سرد یا گرمی که در تاسیسات سرمایشی یا گرمایشی مرکزی تولید شده و تا پایانه‌ها لوله‌کشی شده است انجام می‌دهند. پایانه‌ها در حقیقت مبدل‌های حرارتی هستند که در فضاهای مورد نظر قرار گرفته-اند و گرما یا سرما را به هوای پیرامون خود می‌دهند. شبکه لوله‌کشی آب سرد و آب گرم متصل به این پایانه‌ها می‌تواند مشترک یا مستقل از هم باشد.

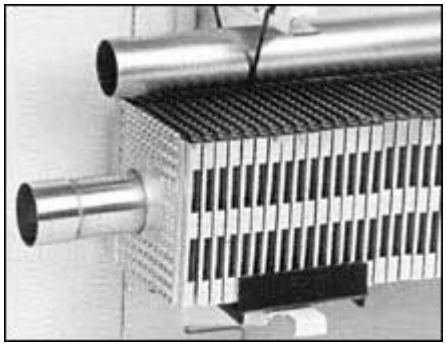
۵-۵-۱ تابش محیطی

در اتاق، هوای با دمای پایینتر، سنگین‌تر بوده و نزدیک کف قرار می‌گیرد. به واسطه وجود پایانه تابش محیطی (قرنیزی)[۱] (شکل ۵-۱۱ الف) در زیر دیوار و پنجره، این هوا گرم شده و به سمت بالا رفته و نظیر عایقی ساختمانی، مانعی برای اتلاف انرژی می‌شود. همانطور که بیان شد، هنگامی که هوا به سمت دیوار حرکت می کند، به دلیل قرار گیری سیستم تابشی محیطی در آن محل، هوا روبه بالا، به درون و بر روی لوله های پره دار (شکل ۵-۱۱ ب) کشیده می‌شود.

---

[۱] Perimeter radiation (Baseboard)

(الف)



(ب)

شکل۵-۱۱ سیستم تابشی محیطی الف) جانمایی در دیوار و زیر پنجره ب) لوله های فین دار در این پایانه

میزان گرمای خروجی از این پایانه‌ها را می توان با تغییر دمای سیال گرم (بخار یا آب گرم) درون لوله فین‌دار کنترل کرد، اما به صورت متداول، به منظور کنترل و تغییر گرمای خروجی از این پایانه‌ها، با دستگاه های کنترلی (نظیر شیرهای کنترلی دستی یا ترموستاتیک خودکار) دبی جریان آب عبوری از پایانه تنظیم می‌شود. پایانه تابشی محیطی در شکلها، ابعاد و ظرفیت‌های حرارتی متعددی موجود هستند. آنها می‌توانند دیواری، کفی یا تعبیه شده در دیوار یا کف باشند. استفاده از انواع لوله فین‌دار، در بخش‌های مراقبت از بیمار توصیه نمی‌شود، چرا که این فین‌ها محلی برای تجمع آلودگی ها و ذرات معلق در هوا خواهد بود.

مزایا

- قابلیت برآوردن الزامات و شرایط محیطی خاص در هر اتاق را داراست.
- آب می‌تواند گرمای بیشتری در واحد حجم نسبت به هوا انتقال دهد.

- اگر طرح کلی اتاق دوباره طراحی شود یا تغییر کند, می توان در لوله‌کشی تجدید نظر کرد.
- برای گرم کردن آب یا تولید بخار می‌توان از منابع مختلف انرژی (مانند گاز، نفت، الکتریسیته، چوب، پیل سوختی یا انرژی خورشیدی) استفاده کرد.
- کنترل آن به راحتی و به وسیله شیرهای کنترل الکتریکی یا غیرالکتریکی ممکن است. شیرهای کنترل به صورت دستی یا خودکار قابلیت کنترل جریان را دارند. حتی می‌توان از پمپ های دور متغیر برای کنترل دبی و فشار سیال استفاده نمود.
- این سیستمها ذرات آلاینده را از اتاقی به اتاق دیگر انتقال نمی‌دهند.
- این سیستم‌ها سر و صدا را از اتاقی به اتاق دیگر منتقل نمی‌کند.

معایب

- فقط برای گرمایش کاربرد دارد.
- نیازمند تمیزکاری است.
- می تواند باعث ایجاد معضلات در روند کنترل عفونت شود.
- ممکن است نیازمند محفظه یا پوشش باشد.

۵-۵-۲ سیستم های سطوح تابشی

سطوح تابشی[۱] می‌توانند هر فضایی را گرم یا خنک کنند. این عمل با گسیل یا جذب انرژی گرمایی امکان‌پذیر است. در فرایند گرمایش، به دلیل دمای بالاتر سطوح تابشی نسبت به محیط پیرامون، انرژی گرمایی از سطح تابشی به محیط اطراف گسیل شده و افراد یا اشیاء موجود در آن محیط با جذب این انرژی تابشی گرم می‌شوند. بالعکس در صورتی که دمای محیط، بیشتر از دمای سطوح تابشی باشد، سطوح تابشی انرژی گرمایی تابشی گسیل شده از سمت افراد یا اشیاء موجود در محیط را جذب و باعث خنکی آن محیط می‌شوند. سطوح تابشی در دو نوع آبی و الکتریکی وجود دارند. در نوع آبی، آب گرم یا سرد عبوری از داخل سطوح تابشی موجب ایجاد گسیل یا جذب انرژی تابشی شده و در انواع الکتریکی، این امر با عبور جریان برق رخ می‌دهد. طبعا نوع الکتریکی آن فقط به منظور ایجاد گرمایش وجود دارد. این سیستمها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بار حرارتی محسوس ساختمان را تامین کرده و طبعا برای تامین بار حرارتی نهان و همچنین تعویض هوا نیاز به یک سیستم هوایی

[۱] Radiation panels

مناسب است. در هنگام استفاده از سطوح تابشی به منظور سرمایش فضا، لازم است سنسورهای نقطه شبنم یا رطوبت در اتاق نصب شود، چرا که باید همواره دمای این سطوح تابشی بالای دمای نقطه شبنم باشد. در غیر این صورت ممکن است رطوبت اتاق بر روی این سطوح تقطیر شده و این قطرات میتوانند مشکلی جدی در امر کنترل عفونت فضاهای درمانی به وجود آورند.

مزایا

- از لحاظ زیبایی شناسی بسیار مناسب و تمیزکاری آن کار ساده ای است.
- برای هر نوع سقفی کاربری دارد.
- می‌تواند باعث کاهش احساس کوران هوا شود.
- امکان استفاده کامل از فضا را فراهم می آورد (برای مثال به فضایی برای فن‌کویل‌ها نیاز ندارد).
- واقعا کم صدا است.
- قابلیت کنترل شرایط محیطی فضاهای مختلف به صورت مجزا را دارد.
- فاقد معظلات کنترل عفونت است.

معایب

- رانمان حرارتی آن کمتر از سیستم تابشی محیطی با لوله‌های فین‌دار است.
- مستلزم سیستم جداگانه برای تعویض هوا است.
- هزینه اولیه می‌تواند نسبت به سایر سیستمها بالاتر باشد.
- در کاربردهای سرمایشی ممکن است معضلاتی بروز شود، مگر اینکه دمای آب خنک سطوح تابشی بالاتر از نقطه شبنم حفظ شود.

۵-۶ سیستم های تهویه مطبوع تبریدی مستقل

در استانداردها و دستورالعملهای بین‌المللی، محدودیتهایی برای استفاده از مبردها در مراکز درمانی اعمال شده است (برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به فصل ٦ مراجعه شود.)

۵-۶-۱ پایانه های تبریدی یکپارچه

پایانه‌های تبریدی یکپارچه، دسته‌ای از تجهیزات موجود در بازار هستند که معمولا برای گرمایش یا سرمایش یک اتاق بکار می‌روند. این واحدها بسیار کامل بوده و دارای فن، فیلتر، کویل سرمایی، شیر انبساط مستقیم (شیر اختناقی)، کمپرسور، کویل کندانسور هوا-خنک و فن کندانسور به صورت یکپارچه هستند که در یک محفظه قرار گرفته‌اند. این دستگاه‌ها معمولا درون سوراخی که از قبل در دیوار خارجی ایجاد شده، نصب می‌شود. گرمایش در این نوع سیستمها معمولا به وسیله کویل‌های الکتریکی صورت می‌گیرد. این سیستمها می-توانند به صورت پمپ‌های حرارتی عمل کنند یعنی در هنگام نیاز به گرمایش، با معکوس کردن حرکت مبرد داخل دستگاه، به گرم نمودن فضای داخلی بپردازند. این دستگاه‌ها در انواعی مجهز به دریچه تعویض هوا (در ابعاد و ظرفیت های مشخص) نیز عرضه می‌شوند.

مزایا

- هزینه اولیه پایین
- بسیار مناسب برای محاسبه مجزای سهم انرژی مصرفی کاربران اتاق مورد نظر
- تنها نیازمند فضای ناچیزی از پیرامون ساختمان است.

معایب

- کنترل رطوبت ضعیف است.
- بازیافت انرژی در این گونه سیستمها بی معنی است.
- نیازمند عملیات تعمیر و نگهداری بیشتر به دلیل لزوم استفاده از چندین دستگاه در یک فضا است.
- مشکل خارج کردن آب تقطیری در زمانهایی که بار نهان محیط بالاست.
- کنترل تعویض هوا به صورت محدود انجام می‌شود.
- می تواند بسیار پر سروصدا باشد.
- بر روی پوسته خارجی ساختمان از نقطه نظر معماری اثر مخربی دارد.
- می تواند باعث مکش و نفوذ هوای بیرون به داخل ساختمان شود (از طریق درزهای محل قرارگیری دستگاه و سایر درزها).
- همه فضای داخلی را پوشش نداده و توزیع هوای محیط داخل در این سیستمها ضعیف است.

- تصفیه هوا نامناسب است.
- راندمان انرژی نسبت به سیستم های مرکزی کمتر است.

۵-۶-۲ سیستم های اسپلیت تک ناحیه ای

این سیستمها متشکل از یک بخش داخلی و یک بخش خارجی هستند که با لوله‌کشی و سیستم کنترلی به هم متصل هستند. بخش داخلی دارای فن هوای رفت (صرفا بازگردانی هوای داخلی و بدون ورود هوای تازه)، فیلترها، کویل سرمایی، شیر انبساط مستقیم، شیر اختناق و تجهیزات گرمایشی (مانند کویل آب داغ، کویل بخار، مقاومت الکتریکی) و غیره است. واحد خارجی شامل کمپرسور(ها)، کندانسور و فن کندانسور است. انواع دیگر به صورت پمپ‌های گرمایی نیز وجود دارد که قبلا عملکرد آنها به اختصار توضیح داده شد. سیستمهای یکپارچه تک‌ناحیه‌ای عموما از طریق ترموستات تک‌ناحیه‌ای کنترل می‌شوند و برای هر ناحیه، حداقل یک دستگاه لازم است.

مزیت ها

- هزینه اولیه پایین است (هر چند هزینه این نوع سیستم بیشتر از پکیج‌های پشت بامی است).
- قابل استفاده در جاهایی که فضای خارجی محدودی در دسترس است.

معایب

- مستلزم پیش بینی فضایی در درون ساختمان است.
- در اینگونه از سیستمها به دلیل محدودیت لوله‌کشی مبرد، فاصله مشخص و محدودی بین بخش داخلی و بخش خارجی می‌تواند وجود داشته باشد.
- قابلیت ناحیه‌بندی فضاهای داخلی به محدود است (هر دستگاه قابلیت ایجاد شرایط آسایشی در فضای محدودی را دارد).
- کنترل رطوبت ضعیف است.
- اینگونه سیستمها نسبت به سیستم های مرکزی، انرژی بیشتری مصرف می کنند.
- قابلیت محدودی برای تعویض هوا وجود دارد.

۵-۶-۳ سیستم حجم متغیر یا حجم ثابت یکپارچه سقفی

سیستم تهویه مطبوع حجم متغیر یکپارچه سقفی به صورت کامل در کارخانه ساخته شده و لزومی به مونتاژ در محل نیست. این واحدها کامل بوده و متشکل از فن هوای رفت، کویل سرمایی انبساط مستقیم، شیر اختناقی، فیلترها، کمپرسور، کویل کندانسور و فن کندانسور می‌باشند. تامین گرمایش در اینگونه سیستمها توسط مشعل گازی ، آب داغ، بخار یا مقاومت الکتریکی صورت می‌پذیرد. این دستگاه‌ها معمولا به سیستم بازیافت انرژی هوای بیرونی مجهز هستند. این دستگاه‌ها عموما بر روی بام قرار می‌گیرند ولی امکان نصب آنها در فضاهای دیگر نیز وجود دارد. هوای خروجی دستگاه، از طریق کانال‌کشی (عموما از نوع فشار پایین) به پایانه مورد نظر وارد شده و دبی حجمی هوا تنظیم می‌شود. به منظور کنترل دمای فضاهای مختلف به صورت مستقل، پایانه‌ها می‌توانند به کویل آب داغ یا کویل‌های مقاومت الکتریکی مجهز باشند تا بر حسب نیاز و مطابق شرایط مناسب محیط داخل، آن ناحیه را گرم کنند. برخی اوقات در پایانه، یک فن تعبیه می‌شود تا سهمی از هوای اتاق بازگردانی شود. بعبارت دیگر مقداری از هوای اتاق توسط پایانه مکیده شده و با هوای رفت ترکیب می‌شود. بدین صورت مقداری صرفه‌جویی در مصرف انرژی رخ خواهد داد. برخی اوقات هم یک سیستم هوایی صرفا گرمایی مرکزی به شکلی جداگانه طراحی و نصب می‌شود که دارای کانال‌کشی مستقلی تا پایانه مذکور می‌باشد. در این حالت در این پایانه، جریان هوای گرم و سرد به نحوی با هم ترکیب شده که حجم هوای مناسبی با شرایط دمایی مناسب وارد اتاق گردد. در این حالت، هوا به منظور بازگردانی یا تخلیه، وارد پایانه می‌شود. بر روی مسیر برگشتی می‌توان از فن‌های برگشتی/تخلیه استفاده نمود. البته در پاره‌ای از اوقات می‌توان فن هوای رفت را به نحوی انتخاب کرد که بتواند علاوه بر تامین هوای رفت باعث حرکت هوا در کانال برگشت یا تخلیه به محیط بیرون نیز گردد. به دلیل آنکه در سیستمهای حجم هوا متغیر، کاهش بار سرمایی یا گرمایی صرفا توسط کاهش یا افزایش دبی هوا انجام می‌شود، ممکن است در تابستان شرایطی پیش آید که نیاز سرمایشی کم باشد. در این حالت که حجم هوای رفت کاهش شدید می‌یابد ممکن است اواپراتور دچار یخزدگی شود. به منظور محافظت در برابر یخ زدگی در بارهای پایین می‌توان از هوای کمکی (بای پس) بهره گرفت.

یک واحد حجم ثابت، حاوی تجهیزات فوق (مورد استفاده در سیستمهای VAV) نیست.

مزایا

- هزینه اولیه پایین برای ساختمان‌هایی که چندین منطقه مجزا از نقطه نظر شرایط محیط داخلی دارند.
- چیدمان کم حجمی از اجزای تاسیسات بوقوع می‌پیوندد، چرا که از هیچ فضای داخلی برای تاسیسات مکانیکی بهره نمی‌برد و فضای شفت ساختمان (فضایی عمودی از ساختمان که مربوط به عبور تحهیزات تاسیساتی نظیر کانال کشی، لوله کشی و ...است) بسیار ناچیز است.
- کنترل رطوبت نسبت به سیستمهای یکپارچه تک ناحیه ای بهتر است.
- به دلیل عملکرد حجم هوای متغیر، راندمان انرژی مناسب است.

معایب

- می تواند بر زیبایی ساختمان تاثیر منفی بگذارد.
- اینگونه سیستمها دارای هزینه تعمیر و نگهداری بیشتری نسبت به سیستمهای هوایی است که سیستم سرمایش موتورخانه ای آن از نوع چیلر آبی است.
- ظرفیت تامین هوای تازه محدود است.
- قابلیت تصفیه هوا محدود است.
- نیازمند فونداسیون مستحکم و قرارگیری سیستم در مکان مناسبی است.
- قابلیت تنظیم فشار محدود است.
- ممکن است قادر به ایجاد کنترل دقیق دما نباشد.

۵-۶-۴ جمع‌بندی

انتخاب و گزینش سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع یک فرایند پیچیده است که نیازمند دریافت ورودی و اطلاعات لازم از تمامی بخشهای ذینفع است. برای ملاحظه موضوعات مرتبط، به فصل‌های ٤، ١٠، ١١ و ١٢ مراجعه شود.

۶ تاسیسات سرمایشی

۶-۱ مقدمه

با وجود این که سیستمهای سرمایشی یکی از مهمترین مصرف‌کنندگان انرژی در ساختمان هستند، بیشتر مراکز درمانی دارای یک یا چند موتورخانه سرمایشی هستند که این امر نشان‌دهنده اهمیت و سرمایه‌گذاری عمده در این بخش است. در این دستورالعمل منظور از موتورخانه سرمایشی، مجموعه تجهیزاتی شامل چیلرها، پمپ‌ها، لوله‌کشی و ابزار کنترلی‌اند که با هم تشکیل مجموعه‌ای برای تامین سرمایش مکانیکی یک ساختمان را می-دهند. در بسیاری از کلینیک‌ها و ساختمانهای کوچک از تجهیزات سرمایشی/گرمایشی یکپارچه استفاده می‌شود.

این فصل به تشریح اجزای موتورخانه سرمایشی می‌پردازد. اولین گام در تهیه و بهره-برداری از موتورخانه سرمایشی، انتخاب بهترین گزینه است. از دیگر موارد مورد بررسی در این فصل، بررسی و بیان ملاحظات طراحی برای داشتن تاسیسات سرمایشی به شکلی کاراست. همچنین، این فصل به طور خلاصه به بررسی کاربرد ابزار و کنترل‌هایی می‌پردازد که برای داشتن یک سیستم سرمایشی مناسب در مراکز درمانی بسیار حائز اهمیت است. در نهایت، به فرایند راه‌اندازی، تحویل و بهره‌برداری از این منظر نگریسته خواهد شد که چگونه یک تاسیسات سرمایشی مناسب (از لحاظ طراحی و ساخت) می‌تواند آب سرد مناسب را تولید و به پایانه‌های تهویه مطبوع ساختمان تحویل دهد.

۶-۲ ملاحظات طراحی

۶-۲-۱ استفاده از مبردها در محیط بیمارستانی

تبرید در ساده ترین شکل خود، فرایند حرکت گرما از یک مکان به مکانی دیگر با استفاده از مبردها در چرخه‌ای بسته است. در این دستورالعمل، عبارت تبرید تنها در کاربرد تهویه مطبوع بکار میرود. مراکز درمانی از سیستمهای تهویه مطبوع برای دفع گرما برای حفظ آسایش و سلامت فضا و کمک به درمان بیماران بهره می برند.

انواع مختلفی از مبردها در فرایند تهویه مطبوع به کار می‌روند از جمله هالوکربن‌ها، آمونیاک، پروپان، دی اکسید کربن و آب معمولی. مبردها باید غیر سمی بوده، اشتعال‌پذیری پایین و عمر اتمسفری طولانی داشته باشند. به دلیل احتمال آثار مخرب برخی مبردها بر محیط زیست، امروزه مبردها توسط انجمن‌های علمی، زیست محیطی و نظارتی، به دقت مورد بررسی و موشکافی قرار گرفته‌اند.

مبردها بر اساس میزان سمی بودن و اشتغال‌پذیری به گروه‌هایی تقسیم می‌شوند. از لحاظ مسمومیت، بر مبنای معیار محدودیت‌های مجاز قرارگیری در معرض[1] (PEL) (حدی از غلظت که اگر فردی در معرض آن قراگیرد دچار آسیب نشود) دو دسته وجود دارد که بیشتر از ٤٠٠ppm (دسته A) و کمتر از ٤٠٠ppm (دسته B) خوانده می‌شود. از حیث اشتعال‌پذیری، سه دسته وجود دارد که از مواد دسته ۱ که شعله را انتشار نمی‌دهند تا مواد دسته ۳ که شدیداً اشتعال‌پذیرند، تغییر می‌کند. به علاوه سیستم‌های تبریدی نیز بر اساس میزان احتمال نشت مبردها به ناحیه اشغال‌شده طبقه‌بندی می‌شوند. در سیستم‌های با احتمال نشت بالا به محیط، نشت ناشی از اتصال خراب، درزبندی نامناسب یا یک قطعه خراب وارد فضای مسکونی می‌شود. این حالت به خصوص در زمانی رخ می‌دهد که مثلا در پایانه‌ها یا هواسازها، کویل‌های سرمایی از نوع انبساط مستقیم وجود داشته باشد یا اجزاء تبریدی به نحوی در فضای مسکونی نیز وجود داشته باشند. سیستمهای با احتمال نشت ناچیز شامل سیستمهایی می‌شوند که مفاصل و اتصالات آن‌ها به شکلی موثر از فضاهای مسکونی تفکیک شده‌اند. این حالت برای مواقعی است که چیلرها، کندانسورها و دیگر تجهیزات در موتورخانه سرمایشی مستقر شده و مبرد به فضای داخل ساختمان ارتباطی ندارد.

مراجع بین‌المللی، محدودیت‌هایی برای استفاده از مبردها در سیستم‌های با احتمال نشت

[1] Permissible Exposure Limits (PEL)

بالا بر اساس دسته‌بندی مکانی و نوع ماده مبرد، وضع می‌کنند. بر این اساس، مقدار مجاز مبردها در سیستم با احتمال نشت بالا در اماکن سازمانی (مانند بیمارستانها)، ٪۵۰ مقدار مجاز برای دیگر انواع ساختمان می‌باشد. برخی دیگر از مراجع حتی قوانین بیشتر و سختگیرانه‌تری را برای محیط‌های بیمارستانی پذیرفته‌اند. در واقع، بسیاری از مراجع، استفاده از سیستم‌های تبریدی با احتمال نشت بالا را در محیط‌های بیمارستانی به کلی مجاز نمی‌دانند. به همین دلیل، به خاطر مسائل مربوط به ایمنی، استفاده از تاسیسات سرمایشی مرکزی از نوع چیلر آبی برای بیمارستان‌ها ارجحیت دارد.

در زمان استفاده از هر نوع از سیستم تبریدی با احتمال نشت بالا، به ویژه دستگاه‌های تهویه مطبوع سقفی یکپارچه، طراح باید مقدار مبرد در کل سیستم (در کل سیستم بسته تبریدی) به ازای حجم فضاهای داخلی که تحت تاثیر این سیستم سرمایشی است را مطابق مقررات موضوعه بررسی و مطابقت دهد. در مراجع معتبر ملی و بین‌المللی، جداول مقادیر مجاز مبردها بر اساس میزان جرم مبرد (به کیلوگرم) در متر مکعب فضای اشغال‌شده ذکر شده است. کافی است که با توجه به حجم کل فضای داخلی تحت تاثیر اینگونه سیستمهای تهویه مطبوعی، مطابق جدول یاد شده، میزان جرم مجاز مبرد محاسبه شود. قطعا میزان جرم مبرد در اینگونه سیستمها باید کمتر از مقدار مبرد مجاز باشد. در مبحث ۱۴ مقررات ملی جدول ۱۴-۱۳-۲ این مقادیر برای مبردهای مختلف ذکر گردیده است. همانطور که قبلا بیان شد، برای بیمارستانها مقدار مجاز مبرد بر واحد حجم فضای اشغالی باید از ٪۵۰ مقادیر یاد شده در جدول کمتر باشد.

۶-۲-۲ طراحی موتورخانه سرمایشی

مطابق مراجع معتبر، وقتی مقدار مبرد در سیستم بیش از محدوده‌های مجاز فوق الذکر است، تجهیزات باید در بیرون ساختمان یا در موتورخانه‌ای مرکزی قرار داده شوند. همچنین وقتی توان کل کمپرسور ۷۵ Kw (۱۰۰ hp) یا بیشتر است، باز هم وجود موتورخانه ضرورت پیدا می‌کند. فضای موتورخانه باید بر طبق راهکارهای دقیق طراحی شود که شامل شرایط زیر است:

- تعویض هوای پیوسته و اضطراری، مجزا از دیگر سیستم‌هایی تعویض هوای ساختمان
- نظارت پیوسته، توقف به موقع تجهیزات و سیستم هشدار از راه دور
- تاسیسات گرمایشی موجود نباید از نوع شعله باز باشند.

- فضای موتورخانه و درب آن باید از نوع ضد حریق باشد.
- فضای مذکور باید دارای خروجی مستقیم به فضای باز باشد.
- علائم و تابلوهای مختص موتورخانه (راهنمای اجزاء و تجهیزات موتورخانه، راه خروج و ...) نصب گردد.
- اطمینان از رعایت الزامات در خصوص موقعیت مکانی دریچه‌های اطمینان، تخلیه هوا به بیرون و ورود هوا حاصل گردد.

موتورخانه سرمایشی نباید در همان فضایی که دیگر تجهیزات مکانیکی یا الکتریکی قرار می‌گیرند، واقع شود، البته به جز تجهیزاتی که مستقیماً با کارکرد چیلرها در ارتباط هستند. تأسیسات چیلر نباید در اتاق بویلر قرار داده شوند به جز در مواردی که محفظه احتراق بویلر و مسیر هوای رفت کاملاً از این اتاق تفکیک شده باشد. به منظور به روز نمودن یا افزودن دستگاه یا اجزایی به تأسیسات چیلر موجود، باید به فراخور این اجزاء، فضای موتورخانه نیز گسترده شود. همچنین نصب سیستم‌های تعویض هوای اضطراری در موتورخانه سرمایشی الزامی است.

۶-۲-۳ موقعیت موتورخانه سرمایشی

بسیاری از برنامه‌ریزان ساخت بیمارستان بر روی عملکردهای درمانی متمرکزند و اهمیت کمتری برای موقعیت موتورخانه و نقش آن در هزینه بلند مدت و انعطاف پذیری یک مجموعه بیمارستانی قائل هستند. حال آن که چنین تفکری خالی از خطا نیست. در زمان طراحی یک پروژه جدید، یافتن مناسب‌ترین موقعیت مکانی موتورخانه سرمایشی و نحوه ارتباط آن با دیگر تجهیزات در یک مجموعه امری حیاتی است. باید عوامل متعددی در تعیین بهترین مکان برای این تجهیزات مد نظر قرار گیرند. برخی از این عوامل عبارتند از:

- ارتباط با سایر تجهیزات
- ملاحظات تعمیر و نگهداری
- موقعیت مکانی برج‌های خنک‌کن و کندانسورهای هوا-خنک

تمرکز تجهیزات اصلی تبرید در بهره‌برداری و سرویس و نگهداری، دارای مزیت‌هایی آشکار است که در اینجا به بررسی آن پرداخته خواهد شد. اگر تأسیسات سرمایشی در نزدیکی فضاهایی باشد که نیازمند انرژی سرمایشی است، به دلیل نیاز به لوله‌کشی کمتر و شبکه توزیع لوله‌کشی کوچکتر، امکان صرفه‌جویی در مصرف انرژی فراهم شده و انرژی انتقالی کمتری برای حرکت دادن مایعات به ساختمان یا از ساختمان به موتورخانه لازم

است. در زمان تعیین بهترین مکان برای موتورخانه سرمایشی، نکات دیگری نیز باید مد نظر قرار گیرند که عبارتند از:

- موقعیت مکانی مناسب برای ورود یا خروج انواع تجهیزات
- تأثیر زیبایی‌شناسی موتورخانه بر کل ساختمان
- سهولت در دسترسی برای تیم سرویس و نگهداری
- قابلیت توسعه در آینده
- عدم تاثیر سروصدای موتورخانه و تجهیزات بر ساختمان بیمارستان
- ایمنی در زمان نیاز به تخلیه ماده مبرد
- موقعیت‌های مکانی دستگاه‌های دفع گرما (برج خنک کن، کندانسورهای هوا خنک و ...) به نحوی باشد که در نوع ارتباط این تجهیزات با جریان هوا خللی رخ ندهد و همچنین کمترین احتمال سر و صدا و خطر دود برای ساختمان بیمارستان وجود داشته باشد.

در زمان طراحی و تهیه نقشه موتورخانه سرمایشی یک بیمارستان باید همواره این نکته را مد نظر قرار داد که ماشین‌آلات و تجهیزات سرمایشی نهایتاً به دلیل سن بالا، خرابی یا تغییر فناوری، تعویض خواهند شد. لذا باید در هنگام تهیه نقشه‌های فضای موتورخانه، باید پیش‌بینی‌های لازم جهت امکان انتقال تجهیزات تاسیساتی بزرگ به فضای بیرون جهت تعمیر یا تعویض در طرح اصلی گنجانده شود. برای این منظور می‌توان در طرح، دیوار یا سقفی متحرک را پیش‌بینی نمود که به راحتی قابل برداشتن یا جابجایی است. بدین صورت جرثقیل یا لیفت تراک به موتورخانه سرمایشی دسترسی خواهد داشت. اگر موتورخانه سرمایشی در طبقات فوقانی ساختمان قرار گیرد، وجود بالابری مناسب برای ضروری است. زیرا تجهیزات، ابزارهای بزرگ و مواد شیمیایی باید به طور منظم به این فضا انتقال یابند.

هنگامی که تجهیزات سرمایشی بر روی بام قرار می‌گیرند، وجود پلکانی با دسترسی کامل به بام به عنوان حداقل دسترسی قابل قبول برای تجهیزات سوار شده در نظر گرفته می‌شود. نردبان‌ها و دریچه‌های روی بام در هزینه اولیه کمی دارند اما در بلند مدت باعث ایجاد هزینه های عملیاتی زیادی می‌شوند.

موتورخانه سرمایشی باید به نحوی طراحی شود که مهمترین اولویت آن، تعمیر و نگهداری تجهیزات تلقی شود. این بدان معناست که باید فضاهای خالی مناسبی که توسط تولید کنندگان توصیه شده در پیرامون و بالای این تجهیزات رعایت شود. برای تعمیرات در

شبکه لوله‌کشی، برداشتن موتورهای الکتریکی و حتی برای برداشتن کمپرسور باید فضای مناسبی اختصاص داده شود. همچنین باید فضای کافی برای جریان مناسب هوای ورودی یا خروجی به تجهیزات دفع گرما اختصاص داده شود. در شکل ٦-١ به عنوان نمونه تاسیسات سرمایشی مرکزی از نوع چیلر آبی نشان داده شده است.

شکل٦-١ تاسیسات سرمایش مرکزی

در زمان طراحی برج‌های خنک‌کن و کندانسورهای هوا-خنک، باید ملاحظاتی را در موقعیت مکانی آنها نسبت به موتورخانه در نظر گرفت. این تجهیزات دفع گرما معمولا از سروصدای قابل توجهی برخوردارند. زمانی این امر مسئله‌زا می‌شود که این دستگاه‌ها در نزدیکی اماکن مسکونی یا درمانی یا در فاصله قابل رویت نسبت به فضاهای نگهداری از بیمار واقع می‌شوند. در این حالت باید تمهیداتی به منظور کاهش یا از بین بردن تراز صدای بالای این تجهیزات اندیشید. از سوی دیگر در شرایط آب و هوایی دما-پایین و رطوبت-بالا، جریان هوا و رطوبت خروجی از برج‌های خنک‌کن مانند یک مه غلیظ باعث کاهش میدان دید می‌شود. به همین دلیل نباید برج خنک‌کن نزدیک مسیر آمد و شد انسانها قرار گیرد.

محل قرارگیری برج‌های خنک‌کن باید در جایی باشد که امکان شیوع بیمارهای هوابردی نظیر لژیونلسیس به حداقل برسد. لذا دریچه‌های هوای ورودی باید درجایی قرار گیرد که امکان ورود هوای خروجی از برج خنک کن به داخل ساختمان از طریق همین دریچه‌های ورودی به صفر برسد. به همین دلیل برخی اوقات حداقل فاصله استاندارد برای دور بودن برجهای خنک‌کن از ساختمان برای محافظت از سلامت ساکنان کافی نیست. وقتی برج‌های خنک‌کن و کندانسورهای هوا-خنک در نزدیکی بخش‌های ساختمانی یا در پستی و بلندها قرار گیرند، ممکن است هوای خروجی از تخلیه برج خنک‌کن به نحوی توسط دریچه‌های

ورودی هوا مکیده شود که خطر عفونت را افزایش می‌دهد. همچنین این پدیده می‌تواند شدیداً باعث افت عملکرد تجهیزات سرمایشی شود، چرا که هوای ورودی در این حالت به شدت مرطوب بوده و باعث افزایش بار سرمایشی نهان ساختمان می‌شود.

۶-۲-۴ اندازه گذاری موتورخانه سرمایشی

تعیین اندازه موتورخانه سرمایشی وابسته به محاسبه دقیق بار سرمایشی ساختمان، توان سرمایشی چیلرها و نحوه تغییرات بار سرمایشی در زمانهای مختلف سال است. امروزه طراحان برای انتخاب بهینه تجهیزات تاسیساتی به روشهای تحلیلی برآورد هزینه در طول عمر کاری این تجهیزات روی می‌آورند. اگر قرار باشد که تأسیسات سرمایشی موجود به نحوی اصلاح یا توسعه یابد، باید این تاسیسات بتواند بر اساس پایش بار سرمایی مورد نیاز ساختمان، میزان سرمایش لازم را فراهم آورد و همچنین باید بتواند حداکثر بار سرمایشی را نیز تامین کند. سیستم کنترل خودکار ساختمان مجهز به وسایل اندازه گیریی است که میزان بار موردنیاز ساختمان (میزان پاره بار بودن یا بار کامل بودن) را تعیین و بر اساس آن سیستم تاسیساتی تصمیم گیری می‌کند. بر همین مبنا یک گرداننده واحد تاسیسات باید تخمین درستی از میزان بار سرمایشی مورد نیاز برای ساختمان در حالت بار جزئی، نسبت به حالت بار کامل به ویژه در فصول گرم سال داشته باشد.

پیش از اینکه تأسیسات سرمایشی از نوع چیلر آبی طراحی شود، درک اینکه چگونه این تأسیسات بهره‌برداری خواهد شد و اینکه در طول بازه عمری خود چگونه می‌تواند بار سرمایش مورد نیاز را تامین کند، امری حیاتی است. برخی مشخصه‌های کلیدی که بر مقدار بار سرمایشی تأثیرگذار است و در نتیجه بر ماهیت طراحی تأسیسات نیز تأثیر می‌گذارند، به شرح ذیل می‌باشد:

- استفاده از سیستم های بازیافت انرژی هوای بیرونی
- شرایطی که استفاده از هواسازهایی با ٪۱۰۰ هوای بیرونی را الزام می‌کند.
- میزان ساعات کاری
- بارهای سرمایی یا گرمایی فرایند یا دستگاه خاص درمانی یا بارهای مربوط به مرکز اطلاعات (اتاق کامپیوتر و محل قرارگیری سِروِرها)
- الزامات مربوط به فرایندهایی که نیاز به آب سرد با دمای ثابت دارند.

فرایند برآورد حداکثر بار سرمایشی در ساختمان‌های بیمارستانی به طور کامل در

فصول ۲۶ تا ۳۱ از جلد مبانی مربوط به دستنامه ASHRAE 2001 آمده است.

متغیرهای اصلی در محاسبات اوج بار شامل شرایط آب‌وهوایی، نوع پوسته خارجی و بازشوهای ساختمان، میزان گرمای داخلی، نرخ تعویض هوا و مقدار نفوذ هوا می‌باشد. البته عوامل دیگر با درجه اهمیتی کمتر، نظیر تأثیر ذخیره حرارتی دیواره‌های ساختمان نیز باید درنظر گرفته شود. هر کدام از این مشخصه‌ها می‌توانند در بیشترین مقدار باری خود قرار گیرند. طبعا شرایط همزمانی بیشینه مقدار این مشخصه‌ها باعث تغییر در میزان بار حداکثری ساختمان می‌شود. به عبارت دیگر احتمال اینکه حداکثر بارهای ناشی از حضور افراد در داخل ساختمان، روشنایی و بارهای مربوط به لوازم برقی همزمان با حداکثر بار حرارت انتقالی از دیواره های ساختمان رخ بدهد وجود دارد. تحقیقات اخیر محققان نشان می‌دهد که بار سرمایشی حداکثر، همیشه در بیشترین دمای خشک طراحی (و دمای تر هم روی ده با آن) رخ نمی‌دهد، بلکه در زمان اوج دمای تر و دمای خشک هم روی ده با آن اتفاق می‌افتد. این امر به خصوص وقتی که مقادیر تهویه هوا بسیار بالا است، مانند کاربری ساختمان درمانی، صادق است.

همواره در محاسبه بار سرمایی یا گرمایی ابهامی در محاسبه اوج بار وجود دارد. برای تصمیم گیری صحیح بهتر است بار سرمایی یا گرمایی تک تک این مشخصه‌ها در شرایط مختلف زمانی و بهره برداری و آن هم در حالت واقعی سنجیده شوند تا بیشترین بار کل محاسبه شود. عوامل زیر بر محاسبات بار تاثیر گذار است:

- شرایط طراحی می‌تواند بسته به محل قرارگیری ساختمان نسبت به ایستگاه جوی که داده‌ها را ارائه می‌کند، متفاوت باشد.
- شرایط آب و هوایی می‌تواند در نتیجه افزایش شهرسازی یا تغییرات بهره‌برداری زمین-های پیرامونی بیمارستان تغییر کند.
- پوسته خارجی ساختمان‌ها همیشه آن چیزی نیستند که در طراحی دیده می‌شود.
- تغییراتی که در کارکرد و تعمیر و نگهداری تجهیزات و ساختمان رخ می‌دهد.
- نرخ تعویض هوا می‌تواند به فراخور زمان و تغییر در شرایط داخلی ساختمان، دچار تغییر شود.
- بارهای تجهیزات (از قبیل تجهیزات پزشکی) می‌تواند به شکل قابل ملاحظه‌ای متفاوت از آن‌چیزی باشد که در طراحی دیده شده یا با گذشت زمان این میزان بار تغییر کند.

برای بیشتر طراحان، خطرات ناشی از برآورد دست پایین شرایط اوج بار سرمایشی بسیار بیشتر از ارزیابی دست بالای اوج بار است. خنک سازی کمتر از حد معمول دستگاه،

نمی‌تواند انتظارات مالک و آسایش او را فراهم سازد و بر توانایی ارائه خدمات ضروری تأثیر منفی می‌گذارد. برعکس، یک سیستم تاسیساتی بزرگ تر از حد معمول، هزینه‌های اضافی اولیه و انرژی را به مالک تحمیل می‌کند که شناسایی آن همیشه آسان نیست. یک دستگاه بزرگ‌تر از اندازه معمول نسبت به یک دستگاه کوچک‌تر راندمان انرژی بهتری ندارد و به صرفه نیست. طراحان بیشتر گرایش دارند تا میزان حداکثر را برای اوج بار در نظر بگیرند و ضرایب اطمینان متعددی را در مراحل مختلف محاسبه بار اضافه کنند. البته همانگونه که قبلا بیان گردید به دلیل متنوع بودن مشخصه‌های موثر بر بار سرمایی و گرمایی و اینکه هر کدام در پیک مستقلی نسبت به سایر مشخصه‌ها هستند، همواره مقداری سردرگمی در محاسبه بار سرمایشی حداکثری وجود دارد.

۶-۲-۵ انتخاب سوخت

انتخاب چیلر برای موتورخانه سرمایشی، شامل چیلرهای الکتریکی، چیلرهای گازسوز یا ترکیبی از این دو است. با گاز می‌توان تجهیزاتی را به کار انداخت که تامین‌کننده انرژی ورودی برای کار چیلرهای جذبی (از نوع آب داغ، بخار یا شعله مستقیم) بوده یا موتور کمپرسور چیلر تراکمی را به کار بیندازد. انتخاب سوخت به عوامل بسیاری بستگی دارد اما اولین قدم، تصمیم‌گیری بر اساس روش تحلیل هزینه بر مبنای عمر کاری دستگاه ها است. در این روش، گزینه‌های مختلفی از سوخت یا انرژی ورودی بررسی و مقایسه می‌شود. مشخصه های مورد بررسی شامل هزینه اولیه، هزینه‌های کاری و تعمیر و نگهداری سالانه، افزایش هزینه‌های کاری و تعمیر و نگهداری در آینده بر مبنای تغییر ارزش زمانی پول و نرخ تورم محاسبه می‌شود.

یکی از مهم‌ترین عناصر فرایند انتخاب، برآورد دقیق انرژی مورد استفاده از هر گزینه است. دقت مناسب و جزییات لازم برای محاسبات انرژی، به وسعت پروژه و بودجه مهندسی بستگی دارد. حتی در پروژه‌های کوچک، به طور دقیق عملکرد چیلرها ارزیابی می‌شود. برآورد هزینه و میزان انرژی (آب و برق و گاز و ...) مورد استفاده در تحلیل هزینه بسیار اساسی و مهم است، زیرا این مقادیر دائما با زمان تغییر خواهند کرد و پیش‌بینی آنها مشکل است. تأسیسات ساختمانی، انرژی‌بر بوده و بر اساس کارکردشان هزینه‌های مختلفی (اعم از سوخت، تعمیر و نگهداری، تعمیر، تعویض و اصلاح سیستم) را طلب می‌کنند. از آنجا که چیلرها یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در ساختمان‌ها هستند، محاسبه دقیق

هزینه‌های حاصل از کارکرد آنها ضروری است.

۶-۲-۶ عملکرد چیلر و راندمان انرژی

شماری از متغیرها تعیین‌کننده مشخصه‌های عملکرد چیلرهای آبی هستند. یک چیلر به منظور تأمین بیشترین ظرفیت خود تحت شرایط خاص طراحی انتخاب می‌شود، تا همواره مدت زمان کمی را در حالت بار کامل بگذراند و بیشتر اوقات در حالت بار جزئی به سر برد.

تحت شرایط طراحی اوج بار، کارایی چیلر آبی از طریق ضریب عملکرد (COP) ارزیابی می‌شود. ضریب عملکرد، نسبت میزان دفع گرما از ساختمان به میزان ورودی انرژی دستگاه سرمایشی است که در شرایط طراحی کار می‌کند. ضریب عملکرد بالاتر، راندمان انرژی بیشتر دستگاه را نتیجه می‌دهد. استانداردها و مراجع معتبر بین‌المللی محدوده مشخصی از ضریب عملکرد را به عنوان حداقل شرایط کاری معرفی میکنند که در جدول ۷-۱ ذکر شده است.

معیار مفید دیگر برای نشان دادن راندمان انرژی، «مشخصه بار جزئی تجمعی» (IPLV) است. این مشخصه، عددی بر اساس تابعی متوسط وزنی از ضریب عملکرد سرمایشی در حالات ٪۱۰۰ (حالت بار کامل)، ٪۷۵، ٪۵۰ و ٪۲۵ بار (حالتهای بار جزئی) می‌باشد. که رابطه زیر برای آن مفروض است:

$$IPLV = 0.01A + 0.42B + 0.45C + 0.12D$$

A=ضریب عملکرد در حالت ۱۰۰٪ بار

B=ضریب عملکرد در حالت ۷۵٪ بار

C=ضریب عملکرد در حالت ۵۰٪ بار

D=ضریب عملکرد در حالت ۲۵٪ بار

در جدول ٦-۱ مقایسه‌ای بین نرخ بازده انرژی انواع متداول چیلرهای آبی بیان شده است.

جدول ٦-١ نرخ بازده انرژی انواع چیلرهای آبی

نوع چیلر	بازه متداول ظرفیت بر حسب کیلو وات (تن تبرید)	بازه ضریب عملکرد چیلر (COP)	بازه عدد مشخصه پاره بار تجمعی (IPLV)
رفت و برگشتی	۱۸۰-۸۰۰ (۵۰-۲۳۰)	٤/۲-٥/٥	٤/٦-٥/٨
پیچی (اسکرو)	۲٥۰-۱٤۰۰ (۷۰-٤۰۰)	٤/۹-٥/٨	٥/٤-٦/۱
سانتریفوژ	۷۰۰-۷۰۰۰ (۲۰۰-۲۰۰۰)	٥/٨-۷/۱	٦/٥-۷/۹
جذبی تک اثره	۳٥۰-٦۰۰۰ (۱۰۰-۱۷۰۰)	۰/٦-۰/۷	۰/٦۳-۰/۷۷
جذبی دو اثره	۳٥۰-٦۰۰۰ (۱۰۰-۱۷۰۰)	۰/۹۲-۱/۲	۱/۰٤-۱/۳
موتور محرک گازسوز	۱۰۰-۳۰۰۰ (٥۰-۲۳۰)	۱/٥-۱/۹	۱/٨-۲/۳

۶-۲-۷ دفع گرما از محیط داخل به محیط بیرون

یکی از اهداف اصلی یک سیستم تأسیسات آب خنک، دفع گرمای محیط داخل ساختمان به هوای خارج است. این کار به چند روش مختلف انجام می‌شود. گرچه در برخی موارد از چاههای حرارتی (نظیر حوضچه‌های برج‌های خنک‌کن، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی و آب شهر) به عنوان مکان‌هایی برای دفع گرما استفاده می‌شود، ولی تجهیزات اصلی دفع گرما در صنعت تهویه مطبوع، شامل برجهای خنک‌کن، کندانسورهای هوا خنک، و کندانسورهای تبخیری است.

برج‌های خنک‌کن

تبدیل آب به فاز بخار نیاز به گرمای نهان تبخیر دارد که از این فرایند برای خنک‌سازی استفاده می‌شود. طراحی یک برج خنک کننده به صورتی انجام می‌شود که تا آنجا که ممکن است سطح بیشتری از آب در معرض هوا قرار گیرد تا تبخیر آب تسهیل شود. عملکرد یک برج خنک‌کن تقریباً به طور کامل تابعی از دمای تر محیط بیرون محسوب می‌شود. دمای تر محیط بیرون، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد برج خنک کننده دارد.

برج‌های خنک‌کن در شکل‌ها و پیکربندی‌های مختلف و متنوعی وجود دارند. یک برج «مستقیم»، برجی است که مایعی که خنک می‌شود در تماس مستقیم با هوا قرار دارد، که به

عنوان یک برج «باز» نیز معروف است. یک برج «غیر مستقیم» برجی است که شامل یک مبدل حرارتی یا یک کویل است و آب در حال تبخیر به طور غیر مستقیم آب فرایند را خنک می‌کند. این نوع همچنین به «خنک‌کن مدار بسته» هم معروف است. جریان هوای برج می‌تواند از طریق یک فن (جریان اجباری) تأمین یا از طریق اسپری پرفشار آب (طبیعی) ایجاد شود. واحدهای جریان اجباری، هوا را در کل برج می‌دمند (دهشی) یا اینکه هوا را در کل برج می‌کشند (مکشی). آب در یک برج خنک‌کن به طور ثابت و عمودی از بالا به پایین جریان دارد اما هوا می‌تواند به طور افقی در کل سطح آب جریان یابد (جریان متقاطع) یا می‌تواند به طور عمودی رو به بالا و در خلاف جهت جریان کشیده شود (جریان مخالف).

پاکسازی شیمیایی و تمیز کردن برج‌های خنک کن

برج‌های خنک‌کن نیاز به حفاظت و نگهداری شدید دارند. برج‌های خنک‌کن با بیماری لژیونلا در ارتباط هستند. برج‌های خنک‌کن، هواشوی‌های بسیار خوبی هستند و در همان حالت فعالیت، می‌توانند مقادیر قابل توجهی از خاک و نخاله و آشغال را جمع‌آوری کند. البته چون این برج‌ها در معرض مستقیم جو هستند، آب از اکسیژن اشباع می‌شود که این امر می‌تواند باعث خوردگی تدریجی در برج و لوله‌کشی مربوط شود. به دلیل آنکه در برج‌ها آب تبخیر می‌شود و کربنات کلسیم (سختی آب) باقیمانده، بر روی لوله‌های کندانسور چیلر به سرعت رسوب می‌کند، انتقال گرما و راندمان انرژی را کاهش می‌دهد. لذا برج‌ها باید به طور منظم تمیز شده و مورد بررسی قرار گیرند. برج‌های خنک‌کنی که به طور منظم تمیز شده‌اند و به خوبی نگهداری شده‌اند، عموماً در ارتباط با انتقال بیماری لژیونلا مشکلی ندارند. بهترین کار این است که با متخصصان پاکسازی شیمیایی برج خنک‌کن، قراردادی جهت سرویس منظم بسته شود.

کندانسورهای هوا خنک

روش دیگر دفع گرما که به طور معمول در چیلرها مورد استفاده قرار می‌گیرد، کندانسور هوا خنک است. این دستگاه می‌تواند با کمپرسور و تبخیر کننده (اواپراتور) در یک پکیج چیلر هوا خنک، قرار بگیرد یا جداگانه نصب شود. کندانسورهای هوا خنک جدا معمولاً در هوای آزاد قرار می‌گیرند و دارای فن‌های پروانه‌ای و مجهز به کویل‌های مبرد پره‌دار هستند و در محفظه‌های عایق قرار گرفته‌اند. برخی از کندانسورهای مبرد هوا خنک مجزا، فن‌های سانتریفوژی دارند و مجهز به کویل‌های مبرد پره‌دار هستند. بیشینه اندازه کندانسورهای

مبرد هوا خنک، حدود ۱۸۰۰ کیلووات (۵۰۰ تن تبرید) است اما انواع تا ظرفیت ۹۰۰ کیلووات (۲۵۰ تن تبرید) متداول است.

چیلرهای هوا خنک به چند دلیل مورد استفاده هستند:

- کمبود آب یا مشکلات کیفی آب
- هزینه اولیه پایین تر نسبت به تجهیزات آب خنک
- عدم نیاز به اتاق‌های تأسیسات با کنترل ایمنی، تهویه و غیره
- نیاز به تعمیر و نگهداری کمتر نسبت به برج‌های خنک‌کن
- راندمان انرژی چیلرهای هوا خنک به اندازه چیلرهای آب خنک نیست. هنگام مقایسه راندمان انرژی چیلرهای هوا خنک و آب خنک، باید توجه داشت که انرژی مصرف شده در چیلر آب خنک با در نظر گرفتن پمپ آب کندانسور و برج خنک‌کن محاسبه شود. چیلرهای هوا خنک عملکرد بسیار خوبی در بار جزیی دارند. تغییر درجه حرارت هوا هم به طور قابل ملاحظه‌ای COP را تغییر می‌دهد.

کندانسورهای تبخیری

کندانسورهای تبخیری از پمپی استفاده می‌کنند که آب را از یک مخزن می‌کشد و آن را به بیرون کویل اسپری می‌کند. هوا در بین کویل دمیده (یا کشیده) می‌شود و کمی از آب تبخیر می‌شود که باعث انتقال حرارت می‌شود. کندانسورهای تبخیری در ابتدا در بخش‌های صنعتی مورد استفاده بودند و کاربرد کمی در تهویه مطبوع داشتند. هر چند برخی از تولید-کنندگان، چیلرهای آبی کوچک پکیج شده را با کندانسورهای تبخیری به عنوان یک محصول کامل تولید می‌کنند.

کارایی فرایند انتقال حرارت به این معنی است که برای بار داده شده، کندانسورهای تبخیری می‌توانند کمترین فضا را به نسبت روش‌های دیگر دفع حرارت اشغال کنند. یک کندانسور تبخیری در درجه حرارت کمتری کار می‌کند که در نتیجه نسبت به کندانسورهای هوا خنک کارایی به مراتب بیشتری دارد. تعمیر و نگهداری و نیازهای کنترلی برای کندانسورهای تبخیری مشابه با برجهای خنک‌کن مدار بسته است.

۶-۳ بهینه سازی راندمان انرژی

معمولاً تأسیسات آب خنک تنها برای چند ساعت در سال در شرایط اوج بار کار می‌کنند.

در بقیه اوقات، یک سیستم در شرایط بار جزیی کار می‌کند. عوامل کلیدی برای طراحی یک تأسیسات آب خنک به منظور دستیابی به راندمان بهینه عبارتند از:

- تعداد و اندازه چیلرها
- انواع و اندازه دستگاه‌های دفع گرما
- راندمان چیلرها در شرایط اوج بار و بار جزیی
- دمای آب در کندانسور و اواپراتور
- اختلاف دما در کندانسور و اواپراتور
- نوع سیستم توزیع آب خنک
- روش کنترل

۶-۳-۱ تعداد و اندازه چیلرها

تعداد و اندازه چیلرها تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد سیستم در شرایط بار جزیی دارد. بار جزیی یک ساختمان، نقش بسیار مهمی در انتخاب تعداد و اندازه چیلرها ایفا می‌کند. برای مثال ساختمان‌هایی که برای ساعات طولانی در شرایط بار کم کار می‌کنند، با چندین چیلر به طور موثرتر کار می‌کنند که یکی از آنها برای سروکار داشتن با بار پایین اندازه‌گذاری شده است. در این مثال، استفاده از یک محرک دور متغیریا پله‌ای در چیلر کوچک‌تر، می‌تواند به صرفه باشد. در مقابل استفاده از یک چیلر برای تأسیسات کوچک مناسب تر است.

آنالیز هزینه عمر کاری بر پایه نمودار بار جزیی مورد نظر، یک راه آزمایش شده در طول زمان است که تعداد و اندازه بهینه چیلرها را تعیین می‌کند.

۶-۳-۲ نوع و اندازه دستگاه‌های دفع گرما

واحدهای آب خنک عموماً نسبت به واحدهای هوا خنک راندمان انرژی بیشتری دارند اما واحدهای هوا خنک هزینه اولیه پایین‌تری دارند. مجدداً، هزینه‌های اولیه باید همراه با هزینه‌های سالانه انرژی آنالیز شوند تا هزینه‌های بهینه عمر کاری تعیین شوند. در هنگام انتخاب یک برج خنک‌کن، هزینه اولیه اضافه‌ای که برای افزایش اندازه برج خنک‌کن (یعنی بزرگ‌تر از اندازه در نظر گرفتن آن) تحمیل می‌شود، اغلب از طریق راندمان انرژی افزایش یافته ناشی از دماهای پایین‌تر آب در کندانسور یا افزایش ساعاتی که فن‌ها با سرعت پایین کار می‌کنند، توجیه پذیر است.

۶-۳-۳ بهینه سازی دماهای آب در کندانسور یا اواپراتور

راندمان یک چیلر آبی، مستقیماً تابعی از دمای آب ورودی به کندانسور و دمای خروجی اواپراتور است. افزایش دمای اواپراتور منجر به افزایش راندمان فرایند خنک‌سازی می‌شود اما همچنین بر مقدار آبی که باید برای تأمین بار داده شده پمپ شود، تأثیر دارد. مقدار آب پمپ شده بیشتر ممکن است بر سایزبندی لوله‌ها یا هد پمپ و در نتیجه بر هزینه اولیه پروژه تأثیر بگذارد. برعکس، پایین آوردن درجه حرارت اواپراتور، تأثیر معکوس دارد. همچنین پایین آوردن دمای آب کندانسور باعث افزایش راندمان چیلر می‌شود اما به انرژی بیشتری برای فن برج خنک کننده نیاز دارد.

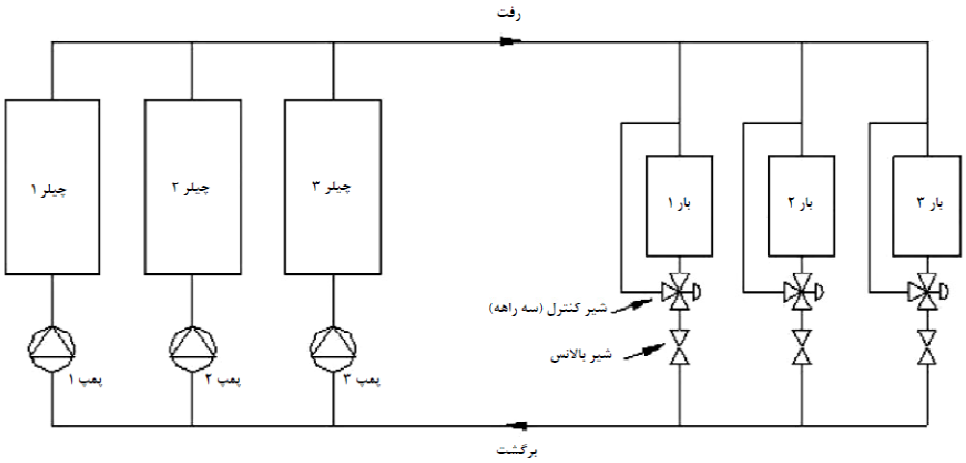
۶-۴ سیستم‌های توزیع آب خنک

سیستم توزیع آب خنک، شامل چیلرها، پمپ‌ها، لوله‌کشی، کویل‌های سرمایی و کنترل‌ها است که سرمایش مکانیکی را فراهم می‌کنند. چون این سیستم یکی از مورد توجه‌ترین سیستم‌های تامین و توزیع انرژی سرمایی مورد استفاده در ساختمان‌ها است، شناخت چگونگی واکنش اجزای سیستم در مقابل تنوع بارها و تعامل بین اجزا برای طراحی سیستمی که هزینه عمر کاری مناسبی داشته باشد، ضروری است.

۶-۴-۱ سیستم‌های جریان ثابت

سادگی سیستم آب خنک با جریان ثابت، یکی از اصلی‌ترین دلایل رویکرد به این نوع سیستم است. در سیستم‌های جریان ثابت، جریان آب در چیلر (ها)، لوله‌کشی سیستم توزیع و در کویل‌های سرمایی، ثابت است. اکثر سیستم‌های جریان ثابت از شیرهای سه راهه در کویل‌های سرمایی استفاده می‌کنند. در زیر مثال‌هایی از سیستم‌های جریان ثابت آمده است.

در شکل ٦-٢ نمونه‌ای از چند چیلر موازی هم که بصورت جریان ثابت و از طریق شیرهای سه راهه کویلهای سرد را تغذیه می‌کنند نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است، کم و زیاد شدن نیاز سرمایشی ساختمان (میزان جزئی شدن بار سیستم) میزان دبی کلی جریان آب ورودی و خروجی چیلرها را تغییر نمی‌دهد و صرفا بر اساس دستوری که به شیرهای سه راهه داده می‌شود، سهم دبی آب عبوری از کویل‌های سرمایشی تغییر می‌کند. مابقی جریان آب سرد چیلر، کویل سرد را بای‌پس کرده و مجددا به چیلر بر می‌گردد.



شکل۶-۲ شمایی از یک سیستم سرمایی از نوع چیلر آبی جریان ثابت

یک چیلر که به یک کویل سرمایی بار می‌دهد

وقتی یک چیلر به یک کویل سرمایی بار می‌دهد، ساده‌ترین رویکرد، استفاده از پمپ حجم‌ثابت است تا آب را بین اواپراتور و کویل به گردش درآورده و شیر کنترل سه‌راهه متداول را از سیستم حذف کند. یک نکته در هنگام به کارگیری این روش این است که تولید-کنندگان به وجود مقدار کافی آب سرد در سیستم لوله‌کشی اصرار دارند تا از ایجاد نوسان نامناسب دمایی آب در چیلر جلوگیری شود. اغلب وقتی که چیلر به یک کویل متصل شده باشد، مخزن‌های کوچکی جهت ذخیره سازی انرژی سرمایی، مورد نیاز است.

یک چیلر با چندین کویل سرمایی

هنگام به کارگیری یک چیلر با چندین کویل سرمایی، استفاده از چیلر جریان ثابت با شیر سه‌راهی در کویل سرمایی ساده‌ترین روشی است که سیستم، عمر کاری بالا و هزینه مناسب داشته باشد. یک روش صرفه‌جویی در انرژی برای این رویکرد، تنظیم مجدد دمای آبی است که چیلر را ترک می‌کند. این تنظیم بر اساس موقعیتی از شیرهای کویل صورت می‌گیرد که در آن پایین‌ترین دمای مورد نیاز تامین می‌شود.

چندین چیلر موازی، با چندین کویل سرمایی

در ابتدا، این روش ساده به نظر می‌رسد، اما در شرایط فعالیت بار جزیی مشکلاتی به وجود می‌آید. وقتی هر دو (همه‌ی) چیلرها و پمپ‌ها تقریباً تحت کل بار کار می‌کنند، سیستم

به خوبی کار می‌کند اما فرصتی برای صرفه‌جویی در انرژی برج خنک‌کن یا پمپ کردن وجود ندارد یا این فرصت بسیار کم است. در شکل ٦-٢ شمایی از این چیده‌مان آمده است. در برخی نقاط، بار به قدری کاهش می‌یابد که یک چیلر و پمپ می‌توانند به طور نظری بار را تأمین کنند. با خاموش شدن یک چیلر و پمپ، کاهش جریان از تأسیسات مرکزی همه کویل‌ها را در سیستم دچار اختلال می‌سازد. این چینش می تواند برای بسیاری از کاربردها استفاده شود، به شرطی که همه بارها در ساختمان با یک آهنگ مشترک تغییر کنند. برای مثال در زمانی که بار یک کویل کامل است دیگر کویلها نیاز به بار کمتر نداشته باشند.

چندین چیلر سری، با چندین کویل سرمایی

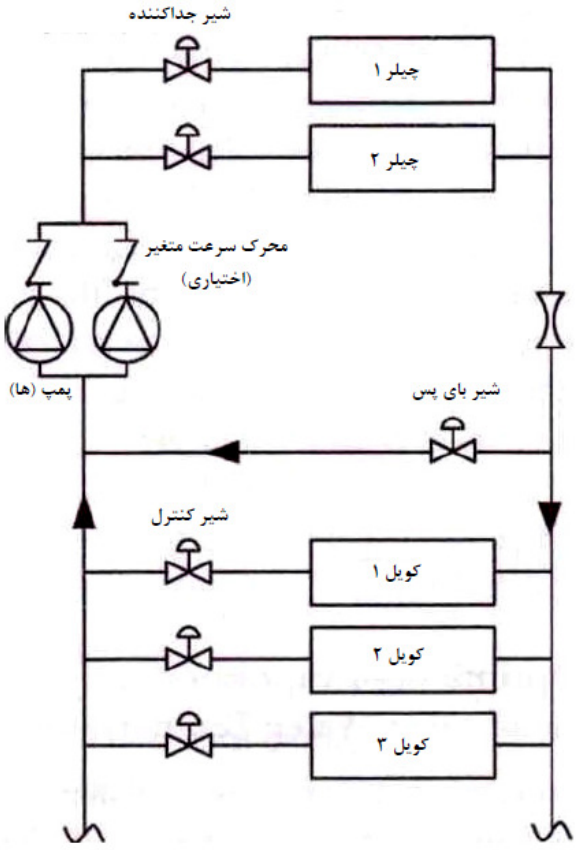
یک راه حل برای قرار دادن چندین چیلر در یک سیستم جریان ثابت، چیدمان چیلرها به صورت سری است. سپس همه جریان به تک‌تک دستگاه‌ها می‌رود. این روش برای سیستم‌های طراحی شده با اختلاف دمای بسیار بالا موثر است. در طی دروه‌های خارج از اوج، دستگاه کمکی خاموش می‌شود و دستگاه اصلی به انتقال آب خنک در دمای مناسب ادامه می‌دهد. این سیستم به خوبی کار می‌کند، گرچه در طی دوره‌های بار پایین، صرفه‌جویی انرژی پمپ آب خنک انجام نمی‌شود.

۶-۴-۲ سیستم‌های جریان متغیر

همانطور که از مبحث سیستم‌های جریان ثابت مشخص می‌شود، ایده متغیر بودن جریان در سیستم‌های بزرگ مطرح می‌شود که چندین چیلر و چندین کویل سرمایی دارند. مزیت اصلی این روش این است که سیستم می‌تواند در طی دوره‌های بار پایین بسته به نیاز، چیلرهایی را از مدار خارج کند و فرصتی برای صرفه‌جویی قابل توجه انرژی به وجود آورد.

طراحی سیستمهای جریان متغیر با تنها یک مدار اصلی

سیستم‌های جریان متغیر با تنها یک مدار اصلی شامل یک یا چندین چیلر به همراه پمپ‌های سیستم هستند که آب را در چیلرها و سیستم توزیع، برای تأمین بارهای کویل‌های سرمایی به حرکت در می‌آورند. بارهای سرمایشی با شیر دو راهی کنترل می‌شوند. عموماً، یک خط گذر جانبی (بای پس) به همراه شیر کنترل، جریان را از خط لوله رفت به خط لوله برگشت منحرف می‌کند. این روش به دلیل سادگی، بسیار مورد توجه است (شکل ٦-٣).



شکل۶-۳ شمای سیستم سرمایشی چیلر آبی جریان اولیه با کویلهای جریان متغیر

چندین مسئله در این آرایش وجود دارد. شیر بای‌پس، در برابر یک اختلاف فشار نسبتاً بالا مقاومت می‌کند بنابراین در بارهای پایین، احتمال سایش، کاویتاسیون و عملکرد نامتعادل وجود دارد. در برخی موارد شیر بای‌پس در انتهای حلقه‌های توزیع قرار می‌گیرد که این امر چرخش را در مدارهای اصلی تضمین کرده و اختلاف فشار را در شیر کنترل کاهش می‌دهد.

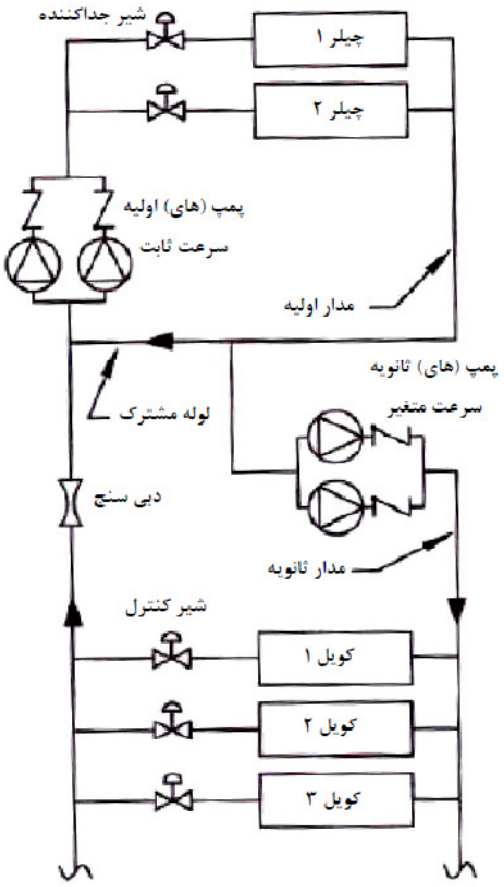
اگر شیر بای‌پس، جریان را در چیلر(ها) ثابت حفظ کند، هیچ صرفه‌جویی انرژی در پمپ برای بارهای متنوع حاصل نخواهد شد اما پمپ‌ها می‌توانند زمانی که چیلرها از کار افتاده‌اند، خاموش شوند. محرک‌های دور متغیر را می‌توان به پمپ‌های اولیه اضافه کرد تا زمانی که تقاضا از مقدار ماکزیمم کاهش می‌یابد، سرعت رو به پایین تنظیم شده و در انرژی پمپ

صرفه‌جویی شود.

طراحی جریان متغیر اولیه/ثانویه

طراحی جریان متغیر اولیه/ثانویه، روش استانداردی برای طراحی سیستمهای بزرگ آب خنک مرکزی با استفاده از چندین چیلر با چندین بار سرمایشی است (شکل٦-٤). حسن روش اولیه/ثانویه این است که حلقه لوله‌کشی برای چیلرها (اولیه) به طور هیدرولیکی مستقل از حلقه لوله‌کشی برای کویلهای سرمایشی (ثانویه) است. کلید این طراحی آن است که دو حلقه مستقل لوله‌کشی در قسمت کوچکی از خط لوله، مشترک هستند (لوله مشترک). بازبینی الگوهای جریان در لوله مشترک نشان می‌دهد که وقتی دو حلقه لوله از نرخ جریان مشابهی برخوردارند، جریان در لوله مشترک وجود ندارد. بسته به اینکه کدام حلقه از نرخ جریان بیشتری برخوردار باشد، مسیر جریان در لوله مشترک تغییر می‌کند. پمپ‌های اولیه حجم ثابت عموماً دارای هد پایین هستند که می توانند جریان ثابت در اواپراتور چیلر ایجاد کنند.

پمپ‌های ثانویه، آب خنک را از لوله مشترک به کویل‌هایی منتقل می‌کنند که شیرهای دو راهی دارند و سپس به لوله مشترک بر می‌گردند. این پمپ‌ها، پمپ‌های سرعت‌متغیر هستند که با حسگرهای اختلاف فشار، کنترل می‌شوند.



شکل٦-٤ شمای سیستم سرمایشی چیلر آبی جریان متغیر اولیه/ثانویه

۶-۵ تجهیزات و ابزار کنترلی در تأسیسات سرمایشی

در یک مرکز درمانی، موتورخانه سرمایشی یکی از مهم‌ترین فضاها به سبب مصرف انرژی و نوع عملیات حیاتی آن به حساب می‌آید. بنابراین باید مراقبت ویژه‌ای از آن بعمل آید تا در مصرف انرژی این تأسیسات صرفه‌جویی به وجود آمده و برای ارائه طولانی مدت خدمات، قابل اطمینان باشد. سیستم کنترل خودکار، قلب این تلاش‌ها محسوب می‌شود. چیلرها و سایر دستگاه‌ها، گرما و ارتعاشاتی ایجاد می‌کنند که بر کنترل‌ها و تجهیزات مربوط به آنها تأثیر معکوس دارند. به همین منظور شبکه‌ها و سیستم‌های کنترل دیجیتالی به طور معمول در یک تأسیسات مدرن چیلر به کار گرفته می‌شود. چیلرها به شبکه و سیستم کنترلی مرکزی متصل شده و بر اساس دستورالعملهای موجود، کنترل می‌شوند. شرایط

دستورالعمل به دقت انتخاب می‌شود تا سطح مناسب داده‌ها تضمین شده و بنابراین سیستم‌ها را بتوان به طور بهینه کنترل کرد. دستورالعمل‌های بسیار زیاد می‌توانند برای پرسنل گیج کننده باشند و مشکلاتی را برای آن‌ها در حفاظت از دستگاه به وجود آورند. انتخاب نقاط کنترل و حفاظت می‌تواند بر پایه آنالیز دقیق کنترل تأسیسات چیلر و نیازهای عملکردی باشد. برای انتخاب یک نقطه کنترل و حفاظت خاص در یک تأسیسات آب خنک، آن نقطه باید حداقل با یکی از معیارهای زیر هماهنگی داشته باشد:

- باید برای کنترل موثر تأسیسات چیلر ضروری باشد، همان طور که در مراحل کاری دستگاه مورد نیاز است.
- باید برای جمع‌آوری اصول حسابداری ضروری باشد یا اطلاعات اجرایی مانند مصرف انرژی، راندمان یا زمان اجرا مورد نیاز باشد.
- باید مورد نیاز پرسنل باشد تا بتوانند تضمین کنند که دستگاه به طور مناسب کار می‌کند یا برای آگاهی دادن به پرسنل در مورد این موضوع باشد که یک مسئله جدی به طور بالقوه وجود دارد یا به زودی به وجود می‌آید.
- کنترل‌هایی که در سیستم استفاده می‌شوند باید از یک زبان برنامه‌نویسی انعطاف‌پذیر و قوی استفاده کنند و توانایی اتصال به شبکه‌های چیلر، محرک‌های فرکانس متغیر و شبکه‌های کنترل پاور را داشته باشند. روش‌های اقتصادی یکپارچه کردن دستورالعمل در سیستم کنترل دیجیتالی با توجه به سازندگان متنوع است و توصیه می‌شود تا از پروتکل BACnet بین چیلر(ها) و سیستم کنترل دیجیتالی استفاده شود. اگر بنا به برخی دلایل BACnet به عنوان پروتکل سیستم مورد استفاده قرار نگیرد، سازندگان چیلر و کنترل‌ها باید یک سیستم قابل اجرای داخلی را مد نظر قرار دهند تا بدون نیاز به هر اتصال یا ورودی خاص، سازگاری میان اجزا وجود داشته باشد.

۶-۶ راه اندازی و تحویل

تأسیسات سرمایشی از نوع چیلر آبی، اغلب برای ساختمانها و کاربری‌های خاصی طراحی می‌شود که تاسیسات بیمارستانی یکی از آنهاست. طبعا لازم است در فرایند طراحی و ساخت از بسیاری از متخصصان ماهر کمک گرفته شود تا پروژه موفقیت‌آمیز باشد. به دلیل امکان بروز خطا، نظارت بر راه‌اندازی و تحویل لازم بوده و اهداف زیر در این زمینه

متصور است:

- تضمین اینکه تجهیزات و دستگاه‌ها به طور مناسب نصب شده‌اند و عملکرد مناسب آنها از طریق پیمانکاران نصب مورد ارزیابی قرار گرفته است.
- تأیید و مستند سازی عملکرد مناسب تجهیزات و سیستم‌ها
- تضمین اینکه هدف طرح و نیازهای مالک ساختمان با پروژه انجام شده هماهنگی دارد.
- تضمین اینکه پروژه به طور کامل مستندسازی شده است.
- تضمین اینکه پرسنل به طور مناسب آموزش دیده اند.

بسته به اندازه، پیچیدگی و بودجه پروژه، وظایف موجود در فرآیند راه اندازی می‌تواند در سطح وسیعی متنوع و متغیر باشد.

۶-۷ تجهیزات سرمایشی برای کلینیک‌ها

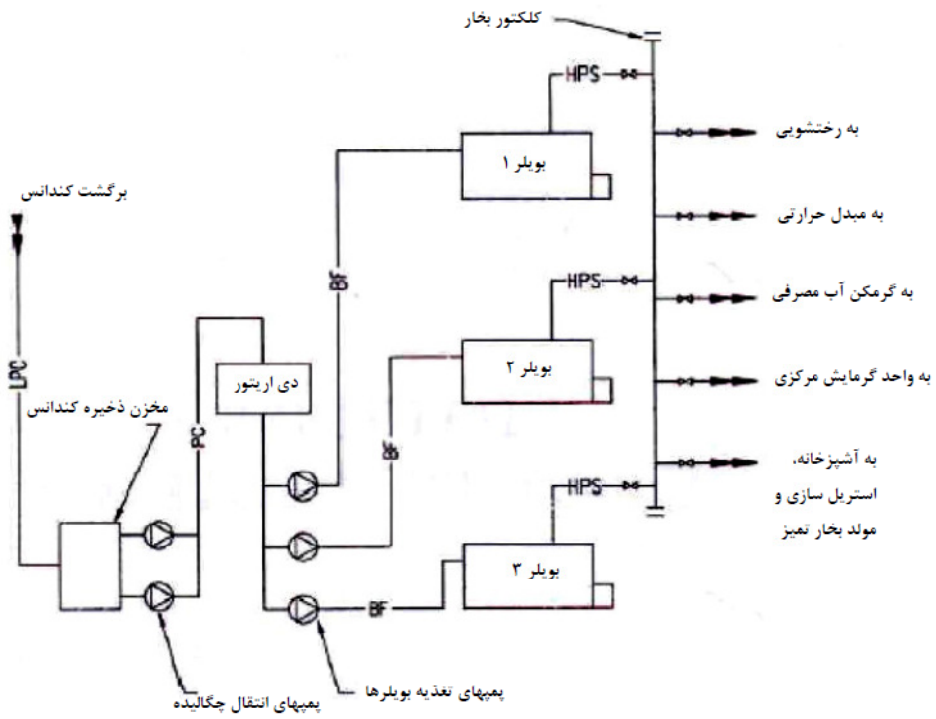
معمولا سرمایش کلینیک و برخی مراکز درمانی کوچک از طریق سیستمهای سرمایشی مستقل یکپارچه تأمین می‌شود. برای جزییات بیشتر به بخش ٥-٦ مراجعه کنید.

۷ سیستم‌های گرمایشی فضا و فرایند

۷-۱ کلیات

سیستم‌های گرمایشی مراکز درمانی، تجهیزاتی هستند که برای گرمایش فضا، تولید آب گرم مصرفی، استریل کردن لوازم و ابزار پزشکی، آماده‌سازی غذا، شست و شوی لباس، رطوبت‌زنی، فرایندهای درمانی و (در برخی موارد) سرمایش جذبی بکار می‌روند. وضعیت و اندازه دستگاه‌ها و سیستم‌های گرمایشی وابسته به نیاز سیستمهای مصرف‌کننده انرژی گرمایشی دارد. برای مثال در بیمارستانها شرایطی ممکن است پیش آید که بیشتر از ٪۵۰ میزان انرژی در حالت اوج بار دیگ بخار صرف استریل کردن تجهیزات پزشکی، آشپزخانه، شست و شوی لباس و فرایند مورد نیاز برای بخار و آب گرم شود.

همانگونه که قبلا بیان شد به دلیل نیاز مبرم به بخار در بیمارستانها، حضور تاسیسات مرکزی تولید بخار ضروری است. شکل ۷-۱ شمایی از سیستم متداول برای یک بیمارستان عمومی را نشان می‌دهد.



شکل۷-۱ شمای کلی از یک سیستم تأسیسات گرمایشی از نوع بخار

البته در برخی از مراکز درمانی، استفاده از سیستمهای گرمایشی آبی دما-پایین (کمتر از ۹۳ درجه سلسیوس (۲۰۰ درجه فارنهایت)) نیز مرسوم است ولی به دلیل نیاز به بخار، وجود تاسیسات تولید بخار به صورت مجزا (به روش شعله مستقیم یا الکتریکی) ضروری است. اگر چه تولید گرما به وسیله برق برای مراکز درمانی نادر است، ولی گاهی اوقات در کلینیک‌های کوچک یا حتی در مناطق با روز-درجه گرمایی کم و در مناطقی که هزینه مصرف الکتریسیته پایین باشد، ممکن است از این سیستمها استفاده شود. سیستم‌هایی که در مراکز درمانی به نسبت سیستم‌های بخار، کمتر استفاده می‌شوند، سیستم‌های آبی دما-بالا هستند که علاوه بر گرم کردن فضا، می‌توانند برای تولید بخار در مبدل‌های حرارتی جداگانه نیز استفاده شوند. گرمایش آبی دما-بالا به طور معمول تنها برای تجهیزات بزرگ در فضای باز به کار می‌روند.

بخار، همچنین به طور معمول برای استریل کردن و رطوبت‌زنی مورد نیاز است. گرچه بسته به میزان نیاز، برخی دستگاه های استریل‌سازی و رطوبت‌زنی مجهز به واحدهای مولد

بخار می‌باشند. دلیل این امر آن است که معمولا استفاده از سیستم‌های مرکزی از نظر عمر کاری و هزینه مقرون به صرفه نیست. در این حالت مولد بخار بر حسب نیاز منحصر آن محل، مانند رختشوی خانه، آشپزخانه و غیره باید انتخاب و تعیین اندازه شود.

۷-۲ ملاحظات تأسیسات گرمایشی

تجهیزات اصلی باید به گونه‌ای اندازه‌گذاری و انتخاب شوند که به طور قابل اطمینان و اقتصادی با بیشینه تقاضا از تأسیسات گرمایشی (بارهای گرمایی ساختمان نظیر اتلاف حرارتی ساختمان، میزان آب گرم مصرفی، میزان نیاز بخار و ...) هماهنگی داشته باشد. طبیعت ذاتی خدماتی که در مراکز درمانی ارائه می‌شوند مستلزم تجهیزات اضافه و پشتیبان است تا بتوان خدمات تعمیر و نگهداری مداوم و مناسبی را برای تجهیزات اصلی فراهم کرد. ظرفیت‌های بهینه و چیدمان مولدهای گرمایشی اصلی بر اساس به تجهیزات اضافی و همچنین سادگی عملکرد، عمر کاری و مقرون به صرفه بودن هزینه آن‌ها، تعیین می‌شوند.

هنگام طراحی موتورخانه، طراحان باید الزامات تعمیر و نگهداری را مد نظر قرار دهند. فضاس دسترسی باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود تا تعمیر یا جایگزینی سریع تجهیزات امکان‌پذیر باشد. در صورت وجود فضای محدود، امکان کمتری برای تعمیر و نگهداری مناسب تجهیزات وجود دارد. تعمیر و نگهداری دیگها در مقایسه با تعمیر و نگهداری تجهیزات جانبی آن‌ها مانند پمپ‌ها، نسبتاً زمان‌بر بوده و لذا باید در خصوص سرویس‌های دوره ای آن دقت نظر بیشتری داشت.

۷-۲-۱ ملاحظات بار و ظرفیت تأسیسات گرمایشی اصلی

همانطور که قبلا گفته شد، ظرفیت سیستم گرمایشی اصلی باید مناسب و کافی باشد تا نیازهای حداکثری تجهیزات را در زمان همزمانی این نیازها را پوشش دهد. البته باید این تجهیزات به وسایلی کنترلی نیز مجهز باشند تا در صورت کاهش نیاز به گرمایش، بتواند میزان انرژی تولیدی این تاسیسات گرمایشی را از حالت بار کامل به حالت بار جزئی تبدیل نماید. میزان نیاز بار گرمایشی نه تنها وابسته به شرایط محیط بیرون است بلکه وابسته به ساعات کار روزانه بیمارستان نیز می‌باشد.

بار گرمایشی ساختمان باید به صورتی محاسبه شود که شرایط آسایشی فضاهای مختلف بر اساس شرایط طرح داخل فراهم شود که این شرایط در بخشهای قبل به تفصیل

بیان گردید. معمولا در سیستم سرمایشی بیمارستانی از نوع تبرید جذبی، تقاضای بار گرمایشی در تابستان نزدیک به تقاضای بار در زمستان است، چرا که انرژی ورودی سیستمهای جذبی گرمایش بوده و حضور دیگهای گرمایی و کارکرد آنها در تابستان قطعا ضروری است.

در زمانی که کل سیستم گرمایشی خاموش است، روشن نمودن و راه اندازی سیستم نیاز به انرژی گرمایی نسبتا زیادتری حتی نسبت به حالت بار کامل دارد. چرا که باید سیستم گرمایشی بتواند در زمانی بسیار کوتاه به شرایطی برسد که بتواند نیاز بار گرمایشی سیستم را فراهم کند و این به منزله توان گرمایی بالا برای سیستم می‌باشد. به همین منظور کل سیستم گرمایی و تمامی اجزاء آن باید برای حالتی اندازه‌گذاری شوند که حالت بار کامل به علاوه بار راه‌اندازی را پوشش دهند.

۷-۲-۲ تجهیزات پشتیبان

به منظور اطمینان از عملکرد مناسب سیستمهای گرمایی، اجزای اصلی سیستم (نظیر دیگها، پمپها و ...) باید به صورت موازی به کار گرفته شوند تا در صورت بروز مشکلات و خرابی یا سرویس دوره‌ای بتوان با روی خط آوردن این اجزاء پشتیبان، به این بازبینی‌های دوره‌ای پرداخت. به همین منظور، به عنوان مثال به جای استفاده از یک دیگ، یک پمپ آب تغذیه دیگ، یک پمپ برگشت کندانس، یک پمپ گازوئیل، یک مبدل حرارتی آبی، یک پمپ آب، یک واحد آبگرمکن باید از چند دیگ مجزا (اما متصل به هم در حالت موازی)، چند پمپ آب تغذیه دیگ، چند پمپ برگشت کندانس، چند پمپ گازوییل، چند مبدل حرارتی آبی، چند پمپ آب و چند واحد آبگرمکن که بصورت موازی قرار گرفته اند استفاده نمود تا در صورت نیاز گرمایشی زیر بار بروند و امکان تعویض، تعمیر یا سرویس و بازبینی دوره‌ای به نحوی که اختلالی در خدمات‌رسانی سیستم گرمایشی پیش نیاید فعالیت نمایند. تجهیزات اضافی تنها برای جایگزینی در مواقع نقص تجهیزات اصلی ارائه نمی‌شوند بلکه برای توقف دوره‌ای تجهیزات اولیه جهت تعمیر و نگهداری روتین مد نظر هستند. در محیط بیمارستانی، حداقل ظرفیت تجهیزات پشتیبان، باید برای تأمین بار مورد نیاز فضاهای مراقبت ویژه و اتاق‌های نگهداری از بیمار مناسب باشد که این شامل تأمین آب گرم مصرفی برای این نواحی، بارهای دستگاه استریل‌سازی، رطوبت‌زنی و بارهای آشپزخانه می‌شود. به طور همزمان، ظرفیت پشتیبان باید به گونه‌ای باشد، تا از آسیب ناشی از سرد شدن بیش از حد در نواحی دیگر جلوگیری شود. ممکن است در برخی از مناطقی که دمای خشک طراحی در ٪۹۹ کل

ساعات هر ماه کمتر از ٤- درجه سلسیوس (۲۵ درجه فارنهایت) باشد به ظرفیت پشتیبان برای گرمایش فضا نیاز باشد. این ظرفیت پشتیبان برای بیمارستان‌های شبانه‌روزی اکیدا توصیه می‌شود.

بسیار مناسب خواهد بود اگر به عنوان حداقل تجهیزات، از دو یا سه مولد بخار مجزا بهره برد. این دستگاه ها باید به طور برابر سایزبندی شده تا تجهیزات اضافی مشخص شده و یکسانی برای آنها فراهم شود (شکل۷-۱). مطابق این شکل، یک سیستم تغذیه بویلر با پمپ‌های اختصاصی برای هر بویلر باید مولدهای بخار را تغذیه کند. یک ردیف با سه بویلر اجازه می‌دهد تا همواره در حالی که دو دیگ برای تأمین ظرفیت حداقل قابل دسترس هستند، یکی از این دیگها به منظور عملیات تعمیر و نگهداری دوره‌ای یا ناگهانی بتواند خاموش باشد.

در سیستم تأسیساتی، معمولاً مولدهای بخار هم‌اندازه ترجیح داده می‌شوند، زیرا انعطاف‌پذیری بیشتری در هنگام حوادث ناشی از نقص تجهیزات نشان می‌دهند و تشابه تجهیزات، فرایند تعمیر و نگهداری را ساده‌تر می‌کند. در برخی موارد، کوچک‌تر در نظر گرفتن سومین بویلر می‌تواند کارآمدتر باشد. این بویلر کوچک‌تر می‌تواند در تابستان (حداقل بار گرمایشی)، کار کند و از این رو باعث کاهش مصرف انرژی سیستم در حالت انتظار شود.

بویلرها باید به شیرهای جداکننده مجهز باشند تا امکان تعمیر و نگهداری یا تعویض یک واحد منفرد بدون مشکل و اختلال وجود داشته باشد.

تأسیسات اضافی در اماکن مراقبت سرپایی از بیماران ضروری نیست. به طور کلی این اماکن نظیر کاربری تجاری تلقی می‌شوند و اگر در آن نقصی وجود داشته باشد، تا پایان تعمیرات تعطیل خواهند شد. هر چند، اگر تجهیزات گرمایی ضروری در پیکربندی چندگانه و موازی طراحی شده باشند فرایند تعمیر و نگهداری با سهولت انجام می‌شود.

۷-۲-۳ چیده مان تاسیسات مرکزی

یک طراح در تعیین چیدمان بهینه تأسیسات می‌تواند از تجهیزات و دستگاه‌های تاسیساتی پشتیبانی استفاده کند که با تجهیزات و دستگاه‌های تاسیساتی اصلی هم از نقطه‌نظر شرکتهای سازنده این اجزاء و هم از نقطه نظر ظرفیت مشابه باشند. این امر مزایای زیادی از جمله در هنگام انجام عملیات تعمیر و نگهداری دارد. این مزایا شامل تعمیر و نگهداری مشخص، آموزش کاربر و قابلیت تعویض قطعات یدکی می‌شود. گرچه طراحان در همان

زمان باید پتانسیل صرفه اقتصادی عمر کاری ناشی از نحوه ترکیب یا تقسیم بار بین تجهیزات با ظرفیتهای کاری مختلف را مد نظر قرار دهند

برای مثال ممکن است پس از تعیین بار گرمایشی مورد نیاز ساختمان، به منظور تعیین دیگ گرمایشی و اجزاء متعلق به آن این بار گرمایشی کل به سه قسمت تقسیم شود و هر قسمت دارای یک دیگ و متعلقات مربوط باشد. این سه دیگ به منظور تامین گرمایش کل باید به صورت موازی بوده و سهم هرکدام بمنظور تعیین اندازه آن به نسبت ٪۴۰+٪۴۰+٪۲۰ یا ٪۵۰+٪۲۵+۵۰٪ از ماکزیمم بار گرمایی کل پیشنهاد می‌شود. قطعا این تقسیم‌بندی و چیده-مان بهتر از آن است که از دو دیگ هر کدام با ٪۵۰ ظرفیت کل یا یک دیگ با ٪۱۰۰ ظرفیت کل استفاده شود.

مشعل هر کدام از این دیگها می‌تواند مجهز به کنترل‌کننده‌هایی باشد که ظرفیت آن تا ٪۲۵ بدون ایراد کاهش یابد. به خصوص در جاهایی که سطح قابل ملاحظه‌ای از تجهیزات پشتیبان مورد نیاز است، دیگ های هم سایز به نسبت (٪۵۰+٪۵۰+۵۰٪) برای بسیاری از کاربردها مناسب هستند. چرا که در صورت خرابی، نیاز به تعمیر یا سرویس های دوره ای میتوان با خارج کردن یکی از دیگها، وظیفه گرمایش را به دیگر دیگها واگذار نمود. هم چنین این چیده مان را می‌توان به صورت ٪۷۵+٪۷۵+٪۲۵ در نظر گرفت. هر چند بیمارستان‌های بزرگ از یک دیگ بار اصلی (دارای بار گرمایی با درصد سهم قابل توجه نسبت به کل بار گرمایی) بهره می‌برند. یک دیگ با بار اصلی هرگز نباید به نوعی باشد که در صورت خرابی و از کار افتادن یا در طی تعمیر و نگهداری دوره‌ای، شرایط به گونه‌ای شود که دیگ‌های تاسیساتی پشتیبان نتوانند نیاز گرمایی ساختمان را فراهم کنند.

۷-۲-۴ الزامات مربوط به فشار بخار در سیستم تاسیساتی

فشار بخار برای دستگاه‌ها و تجهیزات بیمارستانی متنوع است. فشاری کاری این اجزاء تأسیساتی تابع الزاماتی است که از جمله آن می‌توان به کار در بالاترین فشار و توجیه هزینه عمر کاری اشاره نمود. به طور کلی در بیمارستان‌های دارای تجهیزات رخت‌شویی، بالاترین فشار کاری مربوط به این قسمت می‌باشد. بیمارستان‌های فاقد رختشویی دارای فشار کاری پایین‌تری هستند.

در زیر، الزامات متداول فشار بخار در بیمارستانها ذکر گردیده است. لذا طراحان باید هماهنگ با سازندگان تجهیزات، کاربران ساختمان و قوانین محلی، این الزامات را رعایت نمایند.

- استریل‌سازهای بخار: ۲۷۰ kPa تا ۵۵۰ kPa (۴۰ psig تا ۸۰ psig)
- گرم‌کن‌های کمکی ظرفشویی آشپزخانه: ۱۰۳ kPa تا ۲۱۰ kPa (۱۵ psig تا ۳۰ psig)
- خط سرو غذا در آشپزخانه (منطقه ای که پیش غذا، غذای اصلی و دسر در آنجا به منظور پذیرایی یا آماده سازی غذاها قرار می‌گیرد): ۳۵ kPa تا ۱۰۳ kPa (۵ psig تا ۱۵ psig)
- محفظه‌ها و کتری‌های پخت غذا در آشپزخانه: ۱۰۳ kPa تا ۲۱۰ kPa (۱۵ psig تا ۳۰ psig)
- خشکشویی مستقر در رختشوی‌خانه: ۶۲۰ kPa تا ۸۳۰ kPa (۹۰ psig تا ۱۲۰ psig)
- مولدهای بخار تمیز واحد رطوبت‌زن: ۱۰۳ kPa تا ۴۲۰ kPa (۱۵ psig تا ۶۰ psig)
- مبدل‌های حرارتی آبی: ۱۰۳ kPa(۱۵ psig)
- آب گرم‌کن‌های آب بهداشتی: ۱۰۳ kPa تا ۴۲۰ kPa (۱۵ psig تا ۶۰ psig)

در خصوص موارد فوق باید بیان نمود که تجهیزاتی مانند استریل‌سازها، وسایل آشپزخانه و تجهیزات رختشوی‌خانه باید دارای محدوده فشار کاری مشخص و تأیید شده‌ای باشند که این حدود به صورتی که در بالا آمده است باید رعایت شوند.

تجهیزات انتقال حرارت در سیستمهای لوله‌کشی و سیستمهای گرمایی، سرمایی و تهویه مطبوع (مانند مبدل‌های حرارتی، گرم کن‌های آب و مولدهای بخار تمیز) در محدوده فشاری وسیع‌تری کار می‌کنند.

از طرفی آب‌گرمکن‌های آب بهداشتی در فشارهای بالاتر انتخاب می‌شوند تا امکان بازیافت حرارت بیشتری به وجود آید. مولدهای بخار تمیز ممکن است در فشارهای بالاتر ورودی انتخاب شوند تا اندازه واحد رطوبت‌زن به حداقل برسد. در برخی از کاربردها، بویلرهای بخار برای نیازهای گرمایی فرایندی (مربوط به آشپزخانه، استریل‌سازها و خشک‌شویی) و بویلرهای آب داغ از هم مجزا هستند.

۷-۳ ویژگی‌های تجهیزات گرمایشی

۷-۳-۱ دیگها

دیگهای مورد استفاده در مراکز درمانی، به صورت دیگهای بخار یا آب داغ از نوع فشار پایین، فشار متوسط/ بالا طبقه‌بندی می‌شوند.

دیگهای فشار پایین

- دیگهای بخار: دیگهای بخار با فشار کوچک‌تر یا مساوی ۱۰۳ kPa (۱۵ psig)
- دیگهای آب گرم: دیگهای آب داغ با فشار کوچک‌تر یا مساوی ۱۱۰۳ kPa (۱۶۰ psig) یا دیگهای آب داغ با دمای کوچک‌تر یا مساوی ۱۲۱ درجه سلسیوس (۲۵۰ درجه فارنهایت)

فشار متوسط و بالا

- دیگهای بخار: دیگهای بخار با فشار بزرگ‌تر از ۱۰۳ kPa (۱۵ psig)
- دیگهای آب داغ: دیگهای آب داغ با فشار بزرگ‌تر از ۱۱۰۳ kPa (۱۶۰ psig) یا دیگهای آب داغ با دمای بزرگ‌تر از ۱۲۱ درجه سلسیوس (۲۵۰ درجه فارنهایت)

بسیاری از مراجع معتبر بین‌المللی، بر اساس ظرفیت و نوع دیگ، الزاماتی را برای حضور تکنسین با تجربه تعریف می‌کنند. برای مثال بسته به ظرفیتشان، دیگهای فشار متوسط و بالا نیازمند نظارت مداوم یک تکنسین ماهر دیگ است. هزینه کارکنان متخصص و با تجربه تاسیسات گرمایی می‌تواند بسیار قابل توجه باشد. هر چند دیگهای فشار پایین و دیگهای کوچک‌تر با فشار متوسط و بالا در بیشتر موارد نیاز به تکنسین دیگ به صورت مستمر ندارند. به همین دلایل برای اماکن کوچک‌تر، از ترکیب دیگهای فشار پایین و چندین دیگ فشار متوسط و بالا به منظور تامین نیازهای گرمایشی استفاده می‌شود تا از افزایش هزینه‌های مربوط به تکنسین اجتناب شود.

قواعد تجربی و محاسبات سرانگشتی برای ضریب کارایی مناسب بویلر به شرح زیر است:

- عموماً راندمان دیگ بین ٪۸۰ تا ٪۸۵ است.
- ضریب کارایی دیگهای چگالشی آب داغ تا ٪۹۵ می‌باشد.
- دیگهای گازسوز با فشار بالا با ضریب کارایی ٪۸۵ یا بالاتر قابل دسترس هستند.
- دیگهای از نوع لوله-آتش ضریب کارایی بیشتری نسبت به دیگهای لوله-آب دارند.، اما فضای بیشتری را اشغال می‌کنند.
- تعادل مربوط به فضا و بهره اقتصادی بین دیگ لوله-آتش و دیگ لوله-آب، در حدود یک دیگ با توان ۶۸۰۰ kW (۲۳۰۰۰۰۰۰ Btu/hr) اتفاق می‌افتد.

۷-۳-۲ ضوابط و استانداردهای مربوط به دیگ

در ایران ساخت و نصب هر دیگی تحت نظر سازمان نظارتی دولتی (نظیر اداره استاندارد) می‌باشد. سازندگان دیگ باید مسئولیت تضمین طراحی صحیح محصولاتشان و عملکردهای ضروری آن را به عهده بگیرند. بخش‌های کاربردی ضوابط دیگ، الزامات خاصی را روی ظرفیت و فشار طراحی دیگ اعمال می‌کند.

۷-۳-۳ ابزار کنترلی دیگ

ظرفیت و فشار کار بویلر بر دامنه و نوع کاربری انواع ابزارهای کنترلی دیگ تأثیر می‌گذارد. بر همین مبنا در خصوص دیگ‌ها دو دسته‌بندی حاکم است. دسته‌بندی از نقطه نظر فشار کاری (دیگهای فشار پایین و دیگهای فشار متوسط/بالا) و همچنین دسته‌بندی از نقطه نظر ظرفیت دیگ (دیگهای ظرفیت-پایین (کمتر از ۱۱۷ kW(٤٠٠٠٠٠ Btu/hr)) و دیگهای ظرفیت-بالا (بیشتر از ۱۱۷ kW(٤٠٠٠٠٠ Btu/hr))).

دیگ فشار متوسط/بالا باید دارای یک شیر قطع سوخت در سطح پایین آب (LWCO) با ریست خودکار و یک شیر قطع سوخت در سطح پایین آب با ریست دستی باشد. این شیر دستی، کمکی بوده و می‌تواند از نوع پرابی باشد. شیر قطع سوخت در سطح پایین آب، ابزاری است که بر روی دیگ نصب می‌شود تا در هنگامی که سطح آب در دیگ به هر دلیلی کاهش یافت (که این امر موجب بروز خطر و آسیب دیدگی دیگ می‌شود) عمل نموده و باعث قطع ورود سوخت و خاموش شدن دیگ شود. همچنین دو ابزار کنترلی دیگر هم مورد نیاز است. اولین آن، کنترل درجه حرارت یا فشار به صورت ریست خودکار و دومین آن، کنترل دما یا فشار (که در درجه حرارت یا فشار بالاتری تنظیم شده است) از نوع ریست دستی می‌باشد.

وجود شیرهای اطمینان بر روی تمام دیگها ضروری است تا در صورت افزایش فشار یا دما بیش از حد مجاز، اجازه خروج آب تا رسیدن به فشار پایین‌تر را فراهم کند. کلید محدود-کننده جریان آب در بسیاری از کاربردها به خصوص در سیستمهای هوازدای تحت فشار مورد نیاز است، تا از فعالیت دیگ در زمانی که سطح آب به بالای خط تولید بخار رسیده است، جلوگیری کند.

دیگ فشار پایین باید همانند دیگ فشار متوسط/بالا به دو شیر قطع سوخت در سطح

پایین آب مجهز شود. چیدمان و نحوه عملکرد ابزارکنترلی عملکردی و شیرهای اطمینان وابسته به شرایط عملکردی دستگاه می‌تواند متفاوت باشد.

۷-۳-۴ بویلرهای دوگانه سوز

بررسی و یافتن امکان استفاده از چند سوخت برای دستگاه های گرمایی باید برای بیمارستانها مورد ارزیابی قرار گیرد. طراحی و ساخت دیگهایی که می‌توانند با ترکیب منابع سوختی کار کنند، در حال حاضر توسط تمامی سازندگان مهم مورد مطالعه قرار گفته است. مشخصه های مهم در ساخت تجهیزات دوگانه سوز شامل قابلیت اعتماد، تداوم تضمین شده خدمات و طراحی تجهیزات برای مقابله با فجایع را شامل می‌شوند.

اگر قرار است که تأسیسات توسط سرویس گاز طبیعی تأمین شود، باید تعیین شود که آیا سرویس مورد استفاده در ناحیه دارای وقفه است یا خیر. اگر سرویس دارای وقفه است، یک منبع سوخت جایگزین الزامی می‌شود. قبل از انتخاب سرویس دارای وقفه گاز طبیعی، طراح باید یک ارزیابی اقتصادی را انجام دهد تا اطمینان حاصل کند که هزینه‌های مرتبط با یک سیستم جایگزین می‌تواند توجیه پذیر باشد.

برخی از مراجع معتبر بین المللی، برنامه‌های «برنامه‌ریزی برای آمادگی در برابر فجایع» را ترتیب می‌دهند. در نظر گرفتن سوخت اضافی، معمولاً با صلاحدید مالک تجهیزات شدیداً از طریق این برنامه‌ها ترغیب و تشویق می‌شود.

۷-۳-۵ بازیافت گرما

ساختمان و تجهیزات بیمارستانی به دلیل نیازهای گرمایشی‌شان، مقادیر بالایی از انرژی گرمایی را استفاده می‌کنند. به همین دلیل می‌توان از ابزارهای بازیافت گرما در تأسیسات بیمارستانی استفاده نمود که بسیاری از آن‌ها سرمایه گذاری اولیه محدودی دارند.

یکی از مهمترین موارد در بازیافت انرژی، بازیابی گرمای گاز سوخته شده در دیگ می-باشد. دمای شعله اکثر مشعل‌های معمولی از نوع مکش اجباری، در محدوده ۸۷۰ تا ۹۸۰ درجه سلسیوس (۱۶۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه فارنهایت) است. در صورت استفاده از یک سیستم بازیافت هوا از نوع هوا به هوا یا هوا به آب می‌توان دمای هوا یا آب خروجی از این سیستم را افزایش داد. انرژی مربوط از گرمای دود خروجی از دودکش (که دمایی در حدود ۲۶۰ درجه سلسیوس (۵۰۰ درجه فارنهایت) دارد) تامین می‌شود. البته باید دقت نمود که کاهش دمای دود به اندازه‌ای باشد که به محدوده تقطیر آن نزدیک نشود یا آنکه در بویلر تدابیر

لازم برای مقابله و کنترل آن اندیشیده شود. چرا که تقطیر دود موجب تولید اسید شده که این امر خوردگی داخل سیستم گرمایی را در پی خواهد داشت.

همانطور که در بالا بیان گردید، برخی از دستگاه‌های بازیافت انرژی در قسمت تخلیه دود دیگ نصب می‌گردند. سیستم بازیافت انرژی در تخلیه دود معمولاً یک مبدل پوسته و لوله است. آب تغذیه بویلر یا آب کندانس برگشتی عموماً در سمت لوله مبدل حرارتی به گردش در می‌آید تا از دود خروجی گرما به دست آورد. به دلیل تولید مقداری اسید در قطرات تقطیری از دود دودکش و مخاطرات آن، این تجهیزات از آلیاژهای ضد زنگ برای افزایش طول عمر ساخته می‌شوند. گرچه مقدار زیادی از گرما ممکن است بازیافت شود، ولی این تجهیزات اغلب به دلیل هزینه‌های تعمیر و نگهداری و جایگزینی چندان قابل اتکا نیستند.

۷-۳-۶ مبدل‌های حرارتی آبی

تجهیزات سیستم گرمایشی باید توسط استانداردهای مشخص شده ملی، ارزیابی شوند. مبدل‌های حرارتی برای گرم کردن ساختمان ممکن است از نوع پوسته و لوله یا نوع صفحه‌ای باشند. مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله‌ای به طور معمول برای تبدیل بخار به آب داغ مورد استفاده هستند. آن‌ها همچنین در تولید آب با درجه حرارت متوسط و بالا تا تولید آب با دمای پایین متداول هستند. ساختار مبدلهای پوسته و لوله، دسترسی آسانی به اجزای داخلی تجهیزات و مقاومت در برابر رسوب را فراهم می‌سازد. مبدلهای صفحه‌ای در برخی از کاربردهای دمای متوسط و بالا و همچنین در برخی از کاربردهای منبع آب با دمای پایین استفاده می‌شوند. مبدلهای صفحه‌ای معمولاً، در کاربردهای تبدیل بخار به آب داغ به کار نمی‌روند.

مشابه با بویلرها، مبدل‌های حرارتی ساختمان نیز باید در چندین آرایش موازی به کار روند. در یک آرایش با دو مبدل حرارتی، هر یک باید به نوعی سایزبندی شوند تا گرمای مورد نیاز فضاهای مراقبتی ویژه و اتاق‌های مراقبت از بیماران تأمین شود مضافاً بر اینکه باید «ضریب اطمینانی» برای جلوگیری از سرد شدن بیش از حد بخش‌های دیگر مد نظر قرار گیرد. همچنین همانند بویلرها، ظرفیت اضافی برای مبدلهای حرارتی مورد نیاز است که می‌تواند از طرف مالکان درخواست شود. یک گزینه می‌تواند استفاده از دو مبدل حرارتی با ۷۵٪ و ۱۰۰٪ ظرفیت باشد. واحدها باید مجهز به شیرهای خودکار باشند تا امکان تعمیر و

نگهداری و برداشت یک واحد منفرد بدون اختلال در کارکرد تجهیزات وجود داشته باشد. توصیه می‌شود تا مبدل‌های حرارتی آب داغ/بخار مجهز به تله‌های دوتایی بخار باشند، به طوری که هر یک از این تله‌ها در ٪۱۰۰ از بار مرتبط سایزبندی شده‌اند تا امکان کار در صورت رسوب یا نقص تله دیگر فراهم شود.

۷-۴ تجهیزات گرمایشی پایانه‌ای

انرژی گرمایشی برای جبران تلفات گرما در زمستان، و فراهم آوردن بازگرمایش به منظور تهویه مناسب در تابستان مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور نرمال گرما برای سیستم‌های هوایی از طریق کویل‌های گرمایی فین‌دار در کانال‌کشی تولید می‌شود. کویل‌های فین‌دار ممکن است در کانال‌کشی هوای رفت با سرعت پایین و/یا در خروجی‌های واحد پایانه قرار بگیرند. کویل‌های گرمایی فین‌دار همچنین در واحدهای هواساز به منظور کنترل آسایش و حفاظت در برابر یخ زدگی استفاده می‌شوند. همچنین گرم کردن محیط اغلب برای جبران تلفات حرارتی پوسته خارجی مورد نیاز است. گرما می‌تواند با استفاده از رادیاتورها، واحدهای فن کویل و پانل‌های تشعشعی سقفی تأمین شود. بسیاری از مراجع و عوامل، استفاده از رادیاتورهای لوله‌ای فین‌دار را در اتاق‌های بیمارستانی و فضاهای مراقبتی ویژه به دلیل پتانسیل ایجاد آلودگی منع می‌کنند. تلفات گرمایی می‌تواند به طور مستقیم از طریق سیستم تأمین هوای ساختمان با انتخاب مناسب دیفیوزر هوای داغ جبران شود.

۷-۵ سیستم‌های لوله کشی

۷-۵-۱ آب گرم

معمولا آب گرم به پایانه‌های گرمایشی لوله‌کشی می‌شود که شامل واحدهای گرمایشی محیطی، فن‌کویل‌ها، پانل‌های تشعشعی یا کویل‌های بازگرمایش است. در حالی که چیدمان‌های چهارلوله‌ای گاهی برای واحدهای فن‌کویل استفاده می‌شوند، سیستمهای دولوله‌ای بیشتر مرسوم هستند. در یک آرایش چهارلوله‌ای، دو عدد از لوله‌ها برای انتقال آب گرم استفاده شده و دو عدد برای انتقال آب خنک مورد استفاده قرار می‌گیرند. در یک سیستم گرمایشی/سرمایشی دولوله‌ای، مدار لوله با توجه به فصل، انتقال‌دهنده انرژی گرمایشی یا سرمایشی است. سیستم گرمایشی/سرمایشی دولوله‌ای برای ساختمانهای بیمارستانی مناسب نیست.

در شرایط آب و هوایی سرد، استفاده از دو مدار لوله‌کشی مستقل سودمند است که یکی

برای سیستم گرمایش محیطی ساختمان (مانند رادیاتورهای محیطی) و دیگری برای واحدهای پایانه هوای ساختمان و/ یا کویل‌های گرمایی در نظر گرفته می‌شوند. چیدمان دو مداری می‌تواند از طریق مبدل‌های حرارتی تأمین شود. هدف از اینکار این است که به دو دمای مستقل آب اجازه داده شود تا به طور همزمان به گردش درآیند و با توجه به شرایط آب و هوایی شرایط مناسب را ایجاد کنند.

۷-۵-۲ بخار

انرژی گرمایشی در برخی از کاربردها از طریق سیستم دو لوله‌ای بخار/کندانس به واحدهای پایانه انتقال داده می‌شود. برگشت بخار و کندانس به طور مستقل به همه وسایل گرمایشی ساختمان متصل است. انرژی بخار به ندرت به طور مستقیم در فرایند گرمایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا دمای بخار نسبت به دمای اتاق بسیار بالاتر است. به علاوه تعمیر و نگهداری این نوع سیستم در مقایسه با یک سیستم گرمایش آبی بیشتر است.

لوله‌کشی بخار کندانس باید دارای ضخامت مناسبی باشد که بتوانند خوردگی طبیعی را جبران کند. عموماً لوله کشی کربن‌استیل رده ۸۰ مورد استفاده است. برای یک سیستم بخار که بخار و کندانس را به یک سیستم بخار تمیز انتقال می‌دهد، لوله کشی فولاد ضد زنگ مد نظر قرار می‌گیرد. برگشت کندانس ممکن است از طریق گرانش یا از طریق پمپ انجام شود.

۷-۵-۳ تله‌های بخار

تله‌های بخار برای تجهیزات و کابردهای بخار مورد نیاز هستند. گروه‌های متنوعی از این محصولات در دسترس هستند. کارکرد تله بخار اصولاً از وسیله یا نوع کاربرد آن و همچنین از فشار سیستم تأثیر می‌پذیرد. به طور معمول تله‌هایی که در محیط‌های بیمارستانی مورد استفاده‌اند، سطل معکوس، شناور، ترمودینامیک یا ترموستاتیک هستند که هر یک دارای محدوده خدمات و ویژگی‌های عملکردی مخصوصی هستند.

هدف از به کار بردن یک تله، ایجاد امکان تخلیه کندانس (قطرات مایع) که در طول یک فرایند انتقال حرارت به وجود آمده، به وسیله یک ابزار یا سیستم لوله‌کشی است. تله، همچنین برگشت بخار از سیستم لوله‌کشی بخار را به سیستم کندانس محدود می‌کند تا صرفه‌جویی انرژی بهبود یابد.

نصب تله، باید امکان بیشترین میزان تخلیه به سیستم لوله‌کشی کندانس از طریق جاذبه

را فراهم آورد. فشار در خروجی تله اغلب به طراحان بستگی دارد تا کندانس بخار را به سیستم لوله‌کشی کندانس که در ارتفاعی بالاتر از نقطه اجتماع و گردآوری قرار دارد، برساند. وقتی که این روش لوله‌کشی به کار می‌رود، پدیده ضربه قوچ در دهانه تله رخ می‌دهد زیرا بخار ورودی بر مایع ساکن در لوله‌کشی تأثیر می‌گذارد. هر چند این پدیده برای دینامیک سیستم خطری ندارد ولی سبب تولید سر و صدای نامطلوب شده و به کندانس بخار که بسیار خورنده است این اجازه را می‌دهد تا در نقاط پایینی سیستم جمع شود.

هنگامی که برای بالا بردن کندانس به فشار بخار تکیه می‌شود، باید این موضوع مورد توجه قرار گیرد که آیا فشار در ورودی دستگاه به شیر کنترل بخار بستگی دارد یا اینکه دستگاه روی خط اصلی بخار است و هیچ شیر کنترلی ندارد. برای مثال، شیرهای کنترل بخار با کنترل تدریجی یا با کارکرد متناوب باز و بسته در مبدل‌های حرارتی، می‌تواند با توجه به نیازهای بار دستگاه به طور متناوب در موقعیت باز یا بسته قرار بگیرند. وقتی که در موقعیت بسته باشند، هیچ گونه فشاری برای بالا بردن کندانس در دسترس نیست و وقتی که شیر کنترل باز می‌شود ضربه قوچ رخ خواهد داد. به طور کلی تله‌های بخار روی خط اصلی بخار باعث پیوستگی در فشار و در نتیجه بهبود عملکرد سیستم می‌شود.

تعمیر و نگهداری تله بخار در تجهیزات بیمارستانی، به منظور تضمین اطمینان به سیستم و صرفه‌جویی در انرژی امری ضروری است. بیمارستان‌ها باید برنامه‌های تست تله، تمیزکاری و جایگزینی تدوین کنند. ابزارهای الکترونیکی تست برای تعیین نقص در عملکرد تله وجود دارد. وجود برنامه‌ای برای تمیزکاری سالانه، عمر کاری مناسبی را برای تله تضمین می‌کند.

۷-۶ سیستم‌های آب مصرفی

۷-۶-۱ ملاحظات کلی

بار لازم برای آب گرم بهداشتی بیمارستان را می‌توان تا ٪۳۰ کل بار انرژی گرمایی در نظر گرفت. معمولا میزان مصرف آب گرم در مصارف بهداشتی، آشپزخانه و رختشویی به طور ناگهانی تغییر می‌کند و در طول روز مکرراً با ضریب ٪۱۰۰ یا بیشتر، در نوسان است. از آنجایی که میزان مصرف و تقاضا به طور بسیار ناگهانی و قابل ملاحظه تغییر می‌کند، ذخیره آب گرم بهداشتی، آشپزخانه و رختشویی در مخزن‌ها، که قابلیت ارائه «ظرفیت» بالا را در هنگام تغییرات ناگهانی در نرخ جریان دارند، ضروری است.

کنترل باکتری لژیونلا یک نگرانی در سیستم‌های آب گرم آشامیدنی محسوب می‌شود.

ذخیره آب گرم در دمای ۶۰ درجه سلسیوس منجر به کنترل باکتری لژیونلا می‌شود. توجه به نیازهای شهری و معیارهای طراحی به منظور تعیین دمای ذخیره‌سازی آب گرم برای اماکن خاص مورد نیاز است. اگر آب گرم در دمای بالاتر از حد نیاز ذخیره شود، باید با آب سرد ترکیب شود تا دمای مطلوب سیستم در شیر به دست آید.

عامل دیگر در کنترل باکتری لژیونلا حذف لوله‌های کور (انتها بسته) در سیستم آب گرم آشامیدنی است. این کار را می‌توان از طریق طراحی مناسب لوله کشی و به وسیله استفاده از سیستم چرخش مجدد آب گرم انجام داد. فاصله شیر برداشت از سیستم چرخش آب گرم حداکثر ۷ متر می‌تواند باشد، که این اندازه شامل فاصله عمودی از سقف به محل مصرف/ تجهیزات می‌باشد. برای تسهیل در انتخاب پمپ آب و پایداری جریان، حداقل جریان برگشتی آب گرم ۰/۶ L/s توصیه می‌شود. ابزارهایی مانند تجهیزات شست و شوی لوازم آشپزخانه، ظرفشویی‌ها و رختشویی و تجهیزات استریل‌سازی معمولا به آبی نیاز دارند که دمای آن بالاتر از مقداری است که از طریق سیستم گرمایشی آب آشامیدنی مرکزی تأمین می‌شود. استریل‌کننده و ظرفشویی‌ها به طور معمول به بوستر الکتریکی یا بخار برای بالا بردن دمای آب مجهز هستند.

۷-۶-۲ ویژگی‌های گرمکن آب

گرمکن‌های آب مصرفی، تجهیزاتی ضروری در اماکن بیمارستانی هستند. تلفات حرارتی در سیستم‌های آب گرم بهداشتی باید با عایق کاری مناسب به حداقل برسند. گرمکن‌های اضافی در همه تجهیزات بیمارستانی توصیه می‌شوند. به عنوان مثال اگر دو گرمکن آب مورد استفاده‌اند، هر یک باید برای ٪۶۵ از تقاضای آب گرم بهداشتی سایزبندی شوند. سیال مورد استفاده برای گرم کردن آب بهداشتی متفاوت است؛ الکتریسیته، بخار، آب داغ و گاز متداول‌ترین سیال‌های مورد استفاده هستند. انواع مختلف گرمکن آب مصرفی به طور تجاری در دسترس هستند: نوع مخزن‌دار، نوع نیمه آنی و نوع آنی.

گرمکنهای آب از مخزن‌دار برای استفاده متداول‌تر هستند. یکی از اشکالات این نوع گرمکن، تلفات ناشی از عدم استفاده از ذخیره آب گرم در طی دوره تقاضای کم است.

گرمکنهای نیمه آنی آب، مقدار کمی از آب گرم، عموماً معادل نرخ ده تا بیست ثانیه از تقاضای آب گرم ساختمان را ذخیره می‌کنند. این کار به سیستم کنترل دمای گرمکن آب این امکان را می‌دهد تا به طور مناسب به نوسانات ناگهانی در جریان آب واکنش نشان دهد.

متداول ترین سیال گرم کننده در این نوع از گرمکن، بخار است. گرچه تلفات ناشی از عدم استفاده از ذخیره آب گرم در این نوع از گرمکن حداقل است، توان حرارتی ورودی به دلیل نیاز فوری به آب گرم، بالا است.

گرمکنهای آنی آب باید ظرفیت کافی برای ارائه حداکثر میزان جریان آب گرم را در دمای مورد نیاز داشته باشند. بهترین استفاده از گرمکنهای آنی در جاهایی است که تقاضای آب گرم ثابت است یا در جایی که محدودیت‌های مربوط به فضای نصب در اولویت هستند. بخار و آب داغ متداول‌ترین سیال در این نوع گرمکن‌ها هستند. توان حرارتی ورودی به دلیل تقاضای فوری برای آب گرم، بالا است.

برای کلینیک‌های کوچک‌تر که تقاضای آب گرم مصرفی محدود است، گرم کردن آب با گرمکنهای مقاومت الکتریکی یا پمپ‌های حرارتی نیز مقرون به صرفه خواهد بود.

۷-۶-۳ ۷-تقاضای آب گرم

تقاضای آب گرم برای محلهای مصرف، باید مطابق با مطابق مقررات ملی مبحث شانزدهم و مراجع معتبر بین‌المللی محاسبه شود. تقاضای آب گرم برای تجهیزاتی که در این مراجع مشخص نشده‌اند (مانند آزمایشگاه و تجهیزات استریل‌کننده) باید از سازندگان تجهیزات گرفته شود.

۷-۶-۴ دمای انتقال آب

عموماً دماهای مورد نیاز در نقطه مصرف به صورت زیر هستند (طراحان باید مراجع طراحی را نیز در نظر بگیرند):

- آب گرم مصرفی: ٤١ تا ٥٢ درجه سلسیوس (۱۰۵ تا ۱۲۵ درجه فارنهایت) که انتخاب این بازه دمایی بر اساس جلوگیری از سوختگی، آسایش و درمان، شست و شو، استحمام وضد عفونی در نظر گرفته شده است.
- آشپزخانه: ٦٠ درجه سلسیوس (١٤٠ درجه فارنهایت) که تنها توسط پرسنل آشپزخانه مورد استفاده است و بنابراین محدوده دما بالاتر است.
- آبکشی نهایی ماشین ظرفشویی آشپزخانه: ۸۲ درجه سلسیوس (۱۸۰ درجه فارنهایت) برای ضد عفونی (اگر ضد عفونی شیمیایی به کار گرفته شود، این مرحله مورد نیاز نیست.)
- رختشوی‌خانه: ۷۱ درجه سلسیوس (١٦٠ درجه فارنهایت).

پیشگیری از سوختگی، یک مسئله مهم در طراحی و تعمیر و نگهداری یک سیستم آب گرم مصرفی است. اگر یک فرد میانسال در معرض آب ٦٠ درجه سلسیوس (١٤٠ درجه فارنهایت) قرار بگیرد، در عرض تقریباً سه ثانیه، سوختگی درجه یک رخ می‌دهد. آب ٤٩ درجه سلسیوس (١٢٠ درجه فارنهایت) ، تقریباً در عرض هشت دقیقه باعث ایجاد سوختگی درجه یک می‌شود. بچه‌ها و سالخوردگان پوست حساس‌تری دارند، بنابراین سوختگی درجه یک با سرعت بیشتری رخ می‌دهد.

۷-۷ رطوبت زنی و استریل سازی

۷-۷-۱ کلیات

به عنوان یک قانون کلی، برای رطوبت‌زنی و استریل‌سازی به ترتیب ٪۲۰ و ٪٥ از کل نیاز گرمایشی بیمارستان در نظر گرفته می‌شود. در هر دو سیستم نیاز به تأمین بخار با کیفیت بالا وجود دارد (که نسبتاً خشک است). در استریل‌کننده‌های بخار، رطوبت اضافی می‌تواند منجر به مرطوب شدن لوله‌های انتقال یا فعل و انفعالات شیمیایی شود که باعث زنگ زدن تجهیزات و مشکلات دیگر می‌شود. استریل‌کننده‌ها نیاز به فشار بخار در محدوده ٤٢٠ تا kPa ٥٥٠ (٦٠ تا psi ٨٠) دارند تا به دمای اشباع کافی برای استریل‌سازی برسند. بخار اشباع به مراتب از بخار فوق گرم (سوپرهیت) استریل کننده بهتری است. بخار رطوبت‌زنی می‌تواند منجر به مرطوب شدن مجاری داخلی کانال‌ها، فیلترها و سایر اجزا و در نتیجه رشد میکروب در آنها شود. به طور طبیعی رطوبت‌زنها، فشارهای کمتر از kPa ۱۳۸ (psi ۲۰) را از سیستم دریافت می‌کنند. بخار این سیستم‌ها ممکن است در تجهیزات مرکزی، یا از طریق بویلرهای اختصاصی تولید شود (معمولاً الکتریکی، گازی، یا بخار به بخار). تصمیم گیری برای اینکه آیا تهیه بخار به روش مرکزی صورت گیرد یا از طریق بویلرهای اختصاصی، وابسته به ملاحظات مربوط به هزینه عمر کاری است که شامل هزینه‌های خریداری تجهیزات اولیه، راه‌اندازی، تعمیر و نگهداری و جایگزینی است. این هزینه‌ها تا حد قابل ملاحظه‌ای از نوع مقابله با خوردگی و درجه خلوص مورد نیاز بخار تأثیر می‌پذیرند.

۷-۷-۲ طبقه‌بندی بخار

بخار مورد استفاده برای کاربردهای غیر از گرمایش فضا، معمولاً بر اساس ویژگی‌های آب و سطح مجاز و ماهیت ناخالصی بخار، در انواع «فیلتر نشده»، «فیلتر شده»، «تمیز» و

«خالص» طبقه‌بندی می‌شود. این طبقه‌بندی در بین مراجع مختلف، متفاوت است اما:

- به طور کلی، بخار فیلتر نشده دارای برخی مواد شیمیایی است که معمولاً از سختی-گیری آب یا از طریق فرایندهای دیگر انجام شده به منظور کاهش خورندگی (برای مثال هوازدایی) ناشی می‌شود.
- به طور کلی، بخار فیلتر شده از آبی تولید می‌شود که تحت فرایندهای مشابهی با بخار فیلتر نشده قرار گرفته است اما به منظور جدا کردن همه ذرات بزرگ‌تر از آنچه در برخی استانداردها اعلام شده فیلتر می‌شود که به طور معمول ۳-۱ میکرون است. به طور معمول فیلترسازی شامل فیلتر قطرات آب مایع نیز می‌شود.
- به طور کلی، بخار «تمیز» در یک دیگ بخار مشخص تولید می‌شود و هیچ فرایند شیمیایی روی آن انجام نمی‌شود یا اینکه این فرایندها بسیار محدود هستند و به طور معمول تنها از آب سختی گیری شده به وجود می‌آید.
- بخار «خالص» از آب دیونیزه شده یا تقطیر شده تولید می‌شود و هیچ فرایند اضافی روی آن انجام نمی‌شود.

اکثر تجهیزات طبی، بخار فیلتر نشده را برای استریل‌سازی استفاده می‌کنند. همان طور که در قسمت‌های زیرین جزییات این موضوع مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد، بیشتر مراجع وجود مقادیر محدود و غلظت‌های مشخصی از افزودنی‌های تصفیه‌ای در بخار استریل‌سازی را می‌پذیرند. همچنین بخار فیلتر نشده در سطح وسیعی برای رطوبت‌زنی مستقیم استفاده می‌شود، با این حال وجود مواد شیمیایی به دلیل تزریق مستقیم بخار به هوای محیط یک نگرانی بسیار جدی است و بنابراین استفاده از آن توسط برخی از مراجع ممنوع شده است.

۳-۷-۷ سختی و خوردگی در سیستم‌های بخار

آگاهی از اصول اساسی و اولیه در خوردگی سیستم‌های بخار و کندانس برای طراحان حایز اهمیت است تا از کاربرد ترکیبات مختلف و فرایندهای جایگزین و استانداردهای خلوص بخار آگاه باشند. هر جزء از سیستم بخار، از مولد تا لوله‌کشی بخار تا اجزای درگیر با کندانس و همه اتصالات در معرض آب، بخار یا کندانس، ممکن است دچار خوردگی شوند. خوردگی منجر به تولید آلاینده‌های سیستم شده، تعمیر و نگهداری را افزایش داده، اعتبار و عملکرد سیستم را کاهش می‌دهد و باعث تعویض پی‌درپی تجهیزات می‌شود.

۷-۷-۴ روش‌های کنترل سختی و خوردگی

سختی گیری رزینی (زئولیت سدیم)

متداول‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین روش کاهش حجم ترکیبات ایجاد کننده رسوب در آب، سختی‌گیری آب با استفاده از زئولیت سدیم است. در این روش، حلالیت ترکیبات شکل-دهنده رسوب به طور شیمیایی از طریق جایگزین کردن کاتیون‌های منیزیم یا کلسیم با سدیم بالا برده می‌شود و در نتیجه ته‌نشینی و تشکیل رسوب به حداقل می‌رسد. زئولیت سدیم می‌تواند باعث دفع بیش از ٪۹۸ از ترکیبات تشکیل‌دهنده رسوب با هزینه‌های نسبتاً پایین شود. به دلیل رایج و کارا بودن توضیحات بیشتر در مورد این سیستم در بخش ۱۳-۵ آورده شده است.

هوازدایی: جدایش دی اکسید کربن و اکسیژن

وقتی که آب گرما داده می‌شود، قابلیت حلالیت گازهای حل نشده کاهش می‌یابد، بنابراین در تأسیسات مرکزی تولید بخار یک روش معمول برای جدایش اکسیژن و دی اکسید کربن از ترکیب منابع آب، گرما دادن آب است که اغلب تحت فشار در گرمکن آب ورودی هوازدایی انجام می‌شود. دی‌اریتورهای تجاری قادر به دفع اکسیژن حل نشده تا سطح ۰.۰۰۵ سانتی مترمکعب در هر لیتر (cc/L) هستند.

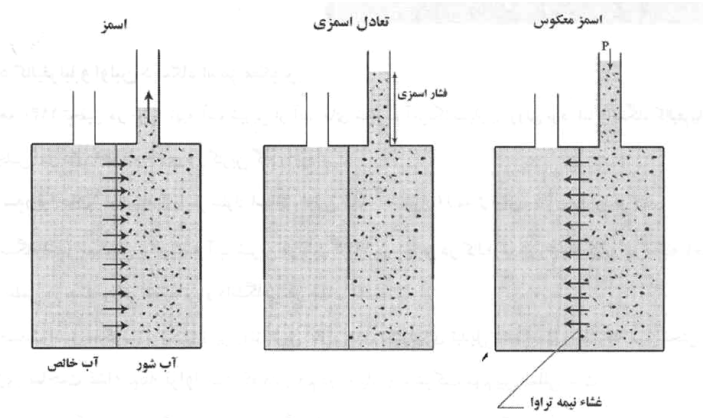
دآلکیل سازی یا دمینرال سازی

معمول‌ترین منبع دی‌اکسیدکربن و در نتیجه اسید کربنیک در سیستم‌های گرمایشی بخار، کربنات یا بیکربنات است، ترکیبات آنیونی (با بار منفی) نمک‌های معدنی به طور معمول در آب جبرانی سیستم دیده می‌شوند. این‌ها همان ترکیباتی هستند که باعث سختی آب هم می‌شوند. فرایند سختی‌گیری زئولیت سدیم باعث کاهش پتانسیل رسوب‌گذاری این ترکیبات می‌شود ولی نمی‌تواند باعث حذف کربنات از محلول موجود شود. یک فرایند معمول که برای حذف کربنات مورد استفاده قرار می‌گیرد به عنوان دآلکیل‌سازی معروف است که آنیون‌های کلرید با آنیون‌های کربنات/بیکربنات تعویض می‌شوند، و سپس به وسیله رزین کاتدی جذب شده و در نهایت از محلول جدا می‌شوند. فرایند اسمز معکوس (RO) از فشار برای «فیلتر» ذرات و ترکیبات غیر قابل حل استفاده می‌کند. به این ترتیب که با استفاده از یک غشای

اسمزی، می‌تواند بیش از ٪۹۵ در حذف کربنات‌ها و همچنین دیگر ناخالصی‌ها از ترکیب آب موثر باشد.

امروزه صنعت اسمز معکوس به یکی از پر رونق ترین بازارهای تکنولوژی تبدیل شده است و پیشرفته ترین بخش این تکنولوژی، ساخت غشاء نیمه تراوا است. اگر یک غشاء نیمه تراوا بین دو محلول با غلظت های متفاوت قرار گیرد، مقداری از حلال از یک طرف غشاء به طرف دیگر منتقل می شود. جهت طبیعی حرکت حلال به گونه ای است که محلول غلیظ تر، رقیق می شود. شکل۷-۲ نمایی از مفهوم اسمز، فشار اسمزی و اسمز معکوس آب خالص را نشان می دهد. همانطور که در شکل مشخص است آب خالص از غشاء عبور کرده و وارد آب شور می شود و سطح آب نمک (محلول غلیظ تر) از سطح آب خالص بالاتر خواهد رفت. این اختلاف سطح در دو طرف غشاء را فشار اسمزی، π، می گویند.

واضح است که هدف در تصفیه آب، تهیه آب شیرین از آب شور است. در اسمز ممعکوس، آب ورودی (تصفیه نشده) توسط پمپ با فشار به داخل محفظه ای که دارای غشای نیمه تراوا می باشد، رانده می شود و چون ناخالصی ها تقریبا قادر به عبور از غشاء نیستند، از این رو در یک طرف غشاء آب تقریبا خالص (آب شیرین) و در طرف دیگر آن آب تغلیظ شده از ناخالصی ها (آب شور) وجود خواهد داشت. در این سیستم غشاء معمولا از جنس استات سلولز، پلی آمید، پلی فنیل اکسید و ... می باشد.



شکل۷-۲ اسمز، فشار اسمزی و اسمز معکوس

دبی آب تصفیه شده به مساحت غشا و ضریب تراوایی آن بستگی دارد. هر چه مساحت غشا در واحد حجم بیشتر باشد، دبی آب بیشتر خواهد بود. غشاء مناسب برای

اسمز معکوس باید ویژگی های زیر را داشته باشد:

- تراوایی زیاد برای آب و کم برای املاح داشته باشد.
- قدرت تحمل فشار اعمال شده را داشته باشد.
- در برابر تغییرات pH مقاوم باشد.
- در برابر حمله مواد شیمیایی یا بیولوژیکی مقاوم باشد.

محدوده pH قابل تحمل برای غشاء استات سلولزی ۳ تا ۸ و برای تری استات سلولزی ۲ تا ۹ و برای پلی آمیدی ۲ تا ۱۰ می باشد. امروزه غشاها را از مخلوط استات سلولز و تری استات سلولز می سازند. به تازگی نوع جدیدی از غشاها از جنس پلی سولفان باردار به بازار عرضه شده است که ویژگی خوب استات سلولز (تحمل فشار) و ویژگی خوب پلی آمیدی (دبی زیاد) را داراست که البته بهای آن بسیار بالاست. ضروری است آب ورودی به دستگاه، قبلا تصفیه مقدماتی شده باشد.

فرایند دمینرال‌سازی (DI) هم در حذف تقریباً همه کربنات‌ها و مواد معدنی دیگر بسیار موثر است. هر چند با توجه به هزینه و احتمال افزایش خوردگی، این دو فرایند معمولاً در تصفیه آب جبرانی سیستم تولید بخار مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

مواد مقاوم در برابر خوردگی

برای سیستمهای تولید بخار و استفاده سیستم‌هایی که به آب جبرانی با خلوص بالا نیاز دارند و همچنین برای سیستم‌هایی که در آنها نمی‌توان مواد شیمیایی برای محافظت در برابر خوردگی استفاده نمود، ساخت سیستم با استفاده از استیل مقاوم در برابر خوردگی اکیداً توصیه می‌شود. این برای تمام بخش‌های تولید بخار و سیستم‌های لوله‌کشی که در تماس مستقیم با بخار و کندانس هستند از جمله سطوح مبدل حرارتی، لوله کشی کندانس و بخار، تله‌ها و لوازم دیگر لازم است. فولادهای ضد زنگ با درجه بالا برای ساختار همه ترکیبات سیستم‌های تولید بخار که به طور مستقیم در معرض بخار یا کندانس قرار دارند، توصیه می‌شود.

اجتناب از فلزات نامشابه

باید از اتصال مواد نامشابه در لوله کشی اجتناب شود تا از خوردگی و فرسایش جلوگیری شود. برای این منظور می‌توان از اتصالات دی الکتریک استفاده کرد.

تخلیه مناسب کندانس

وجود اکسیژن و دی اکسید کربن در آب منجر به خوردگی سریع مواد معمول لوله‌کشی (مانند فولاد نرم) می‌شود. همچنین وقتی که کندانس خنک می‌شود، می‌تواند غلظت بالاتری از اکسیژن و دی اکسید کربن را جذب کند که این باعث افزایش خوردگی می‌شود. خطوط بخار، که اغلب به اشتباه «خشک» در نظر گرفته می‌شوند، در هنگامی که مایع به شکل نامناسبی جمع‌آوری و تخلیه شده است یا زمانی که تقاضا برای بخار پایین است در معرض کندانس خورنده قرار می‌گیرند. بنابراین این نکته حایز اهمیت است که طراحان سیستم، تله‌گذاری و تخلیه مناسبی برای تمامی قسمت‌های سیستم در نظر بگیرند، تا فرصت برای تجمع و تماس مداوم کندانس با لوله‌کشی به حداقل برسد. مفاد طراحی شامل شیب مناسب خط بخار، اجتناب از اتصالات لوله‌ای هم مرکز و نقاط کم ارتفاع (گود) که کندانس می‌تواند در آن جمع شود و سایزبندی مناسب پایه آبریز[۱] (در سیستم‌های بخار، پایه‌ها یا ساقه‌های آبریز لوله‌هایی عمودی هستند که آب حاصل از تقطیر ناخواسته در آن‌ها جمع شده و از طریق تله بخار به خط برگشت کندانس هدایت می‌شود) و تله‌ها می‌شود. این موارد خصوصا در فواصل مناسب در لوله‌کشی و در پایه تمام رایزرها و بلافاصله در بالادست شیرها، کاهنده‌ها و سایر اتصالات دستگاه‌ها که امکان تجمع کندانس وجود دارد ضروری است.

زیر آب کشی و خروجی تدریجی سیال

وقتی که آب، در یک مولد بخار می‌جوشد، بیشتر ناخالصی‌های آب، در پشت مخزن مبدل حرارتی باقی می‌ماند. آب جبرانی که جایگزین آب تبخیر شده می‌شود هم مقادیری ناخالصی به ناخالصی‌های موجود اضافه می‌کند.

در صورتی که سطح مبدل حرارتی به طور مرتب از آلودگی و رسوب پاک نشود، عملکرد آن کاهش پیدا کرده و در نهایت تجهیزات دچار نقص می‌شوند. برای به حداقل رساندن تجمع ناخالصی‌ها و کاهش نیاز به تعمیرات و نگهداری پشت سر هم، بسیاری از مولدهای بخار (از مولدهای بزرگ گرفته تا مولدهای بخار رطوبت زن الکتریکی) به سیستم اتوماتیک زیر آب کشی و خروجی تدریجی سیال مجهزند. این سیستم‌ها که معمولاً در سیکل‌های زمانی کار می‌کنند، حجم خاصی از آب با ناخالصی بالا را از مخزن تخلیه کرده و آن را با آب تصفیه شده جبرانی تعویض می‌کنند تا سطح کلی ناخالصی کاهش یابد.

---

[۱] Drip leg

افزودنی‌های شیمیایی

فرایندهای تصفیه آب مکانیکی که در بالا مورد بحث قرار گرفت، قادر به حفاظت کامل از تمام لوله‌ها و تجهیزات متداول امروزی (برای مثال فولاد نرم) در برابر خوردگی اکسیژن و دی اکسید کربن نیستند. وقتی که بخشی از سیستم به دلیل چگالش بخار، خلأ را تجربه می‌کند، این گازها از طریق اتصالات و لوله‌ها از هوای محیط وارد سیستم لوله‌کشی می‌شوند. به علاوه، فرایندهای تصفیه نمی‌توانند از تخلیه همه گازهای غیر قابل حل یا ترکیبات به وجود آورنده دی اکسید کربن اطمینان حاصل کنند چرا که این گازها ممکن است از طریق بخار به همه جای سیستم انتقال داده شوند. به همین دلیل، افزودن مواد شیمیایی که منجر به حذف اکسیژن، خنثی کردن اسیدها یا ایجاد حائل بین سیستم و عوامل خوردگی می‌شود، به طور معمول ضروری است.

تنظیف کننده‌های اکسیژن

تنظیف‌کننده‌های اکسیژن، مواد شیمیایی مانند هیدرازین و سولفیت سدیم هستند که برای حذف نهایی یا غیر فعال کردن تمامی اکسیژن باقیمانده در سیستم بعد از هوازدایی از منبع آب جبرانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدون هوازدایی، مقدار تنظیف شیمیایی مورد نیاز برای کاهش اکسیژن غیر قابل حل به لحاظ اقتصادی و تجربی گران و پر هزینه است. حتی با تخلیه و جدایش کافی اکسیژن از منبع تغذیه آب، اکسیژن اتمسفر می‌تواند مجدداً از طریق خلأ شکن و ونت‌های اتمسفری، پمپ‌های کندانس یا ونت‌های آنی (فلش‌ونت‌ها) به سیستم‌های بخار و کندانس وارد شود. هر چند امکان این اتفاق در سیستم‌های بخار استریل‌سازی و رطوبت‌زنی محدود است زیرا کندانس به بویلر بر نمی‌گردد.

آمین‌ها

آمین‌ها، آلکین شیمیایی هستند که برای افزایش PH یا برای حفاظت سیستم لوله‌کشی از عوامل مستقیم خوردگی ساخته شده‌اند. دو نوع از آمین‌ها در صنعت تصفیه بخار استفاده می‌شوند: آمین‌های خنثی‌گر و آمین‌های تولید غشای محافظ. آمین خنثی‌گر تنها برای خنثی کردن اسید کربنیک استفاده می‌شوند و تأثیری در محافظت در برابر اکسیژن ندارند اما آمین‌های تولید کننده غشای محافظ یک پوشش مولکولی در دیواره داخلی سیستم لوله‌کشی ایجاد می‌کنند و از خوردگی مستقیم با اکسیژن یا دی اکسید کربن جلوگیری می‌کنند.

۷-۷-۵ مواد شیمیایی و سلامت افراد

برخی از مواد شیمیایی مورد استفاده در سیستم‌های بخار، دارای تأثیرات منفی بر روی سلامتی افرادی که در معرض غلظت بالای آن‌ها در هواد آزاد، غذا یا آب قرار دارند، هستند. موقعیت‌هایی که افراد به طور بالقوه در معرض مواد شیمیایی مضر بخار استریل‌سازی قرار می‌گیرند، بسیار محدود است زیرا تنها مقدار کمی از بخار در محیط ساختمان انتشار می-یابد. بخار رطوبت‌زنی که به طور مستقیم به هوای رفت وارد می‌شود، بیشتر مورد نگرانی است. مراجع و استانداردها، محدودیت‌های برای قرار گرفتن در معرض آمین‌های خاص و تنظیف‌کننده‌های اکسیژن قرار داده‌اند.

مراجع معتبر بین‌المللی غلظت مجاز مواد شیمیایی در بخار را که ممکن است در تماس با غذا قرار بگیرد اعلام کرده‌اند. کنفرانس آمریکایی متخصصان بهداشت صنعتی دولتی (ACGIH) سطح میانگین ارزیابی شده زمان مجاز در معرض قرار گرفتن (TWA) و اداره سلامت و ایمنی درمانی (OSHA)، سطح انتشار مجاز (PEL) را برای چندین آمین در هوای محیط اعلام کردند که در جدول (۷-۱) آورده شده است. همچنین در این جدول (در ستون چهارم) سطح دریافت بو برای هر ماده شیمیایی مشخص شده است.

جدول ۷-۱ محدوده مجاز برای آمین های FDA

نام شیمیایی	ACGIH TWA (ppm)	OSHA PEL (ppm)	Odor Level (ppm)
مورفولین	۲۰	۲۰	۰/۱٤
DEAE	۱۰	۱۰	۰/۰٤
سیکلوهگزیل آمین	۱۰	۱۰	۰/۹۰

۷-۷-۶ ملاحظات تجربی مربوط به کاربرد مواد شیمیایی

وقتی که مواد شیمیایی در سیستم‌های بخار برای رطوبت‌زنی یا استریل‌سازی استفاده می‌شوند، برنامه حفاظتی و نگهداری خوبی به منظور کنترل غلظت مواد شیمیایی در بخار مورد نیاز است و همچنین به منظور تضمین این موضوع که سیستم به طور مناسب در برابر خوردگی محافظت می‌شود. سطح بیش از حد مواد شیمیایی در بخار باعث تأثیرات منفی بر سلامت افرادی می‌شود که در معرض آن‌ها قرار دارند در حالی که مقادیر نامناسب می‌توانند باعث ایجاد بخار مرطوب، رنگ‌رفتگی، عملکرد ضعیف، و نقص تجهیزات شوند. استفاده یکجا و سریع از مواد شیمیایی برای تصفیه بخار مجاز نیست. در عوض استفاده

پیوسته که به آرامی از طریق پمپ‌های تغذیه صورت می‌گیرد و به صورت روزانه کنترل می‌شود، ضروری است. از آنجایی که آمین‌ها و دیگر مواد شیمیایی ویژگی‌های متفاوتی دارند که بر عملکردشان در بخش‌های مختلف سیستم بخار تأثیر می‌گذارد، باید دقت کرد که مواد شیمیایی مناسب انتخاب شوند و همین طور باید در مورد محلی که قرار است آن‌ها وارد شوند هم دقت زیادی کرد.

آمین‌های خنثی گر

هدف از استفاده از آمین‌های خنثی‌گر، خنثی کردن اسید کربنیک است. این آمین‌ها از طریق نسبت بخار به مایع شان (V/L) مشخص می‌شوند که بیانگر حضور آنها در فاز بخار یا مایع (کندانس) است. بسته به اندازه و وسعت سیستم توزیع بخار و کندانس، استفاده کردن از یک یا چند آمین مختلف که دارای نسبت‌های مختلف V/L هستند، به منظور حفاظت همه بخش‌های سیستم نیاز است. در خطوط توزیع بخار، آمین‌ها به ناپدید شدن با کندانس جمع‌آوری شده و قرار گرفتن در تله‌ها تمایل دارند در حالی که دی اکسید کربن همراه با بخار انتقال می‌یابد و حرکت آن در کل سیستم ادامه می‌یابد. این مسئله باعث ایجاد پتانسیلی برای افزایش سطح اکسید کربنیک شده و سطح PH همراه با افزایش فاصله از مولد بخار کاهش می‌یابد. بنابراین برای سیستم‌های بزرگ با طول لوله بالا، در طی استفاده از آمین با نسبت V/L بالا، باید تعمیر و نگهداری را بهبود بخشید. آمین‌ها با نسبت پایین تر V/L تأثیر بیشتری در حفاظت لوله‌کشی نزدیک به مولد دارند. برای اجتناب از هدر رفتن مواد شیمیایی در زیر آب کشی بویلر، آمین‌ها مستقیماً در کلکتور تغذیه بخار تزریق می‌شوند.

آمین‌های پوشاننده

آمین‌های پوشاننده منجر به تشکیل یک مانع نازک در سطح لوله‌کشی و تجهیزات می‌شوند تا در برابر انتشار اسید کربنیک و اکسیژن محافظت شوند. میزان بسیار زیاد پوشش آمین‌ها منجر به شکل‌گیری «توپ چسبناک» می‌شود که پمپ‌ها، تله‌ها و سایر تجهیزات را مسدود می‌کند. به علاوه وقتی که آمین‌ها برای بار اول به سیستم اضافه می‌شوند، لایه پوشاننده باعث انتشار مقدار زیادی اکسید آهن و رسوبات در سیستم‌های لوله‌کشی و همچنین مسدود و بسته شدن راه‌ها می‌شود. آمین‌های پوشاننده قابلیت تبخیر پایینی دارند و بنابراین تنها در کلکتور تغذیه بخار اضافه می‌شوند تا توزیع آن‌ها از طریق

سیستم تضمین شود.

۷-۷-۷ بخار برای استریل سازی

استریل‌سازی موثر جهت نابودی کامل میکروارگانیسم‌های مقاوم در برابر حرارت، به بخار اشباع در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس (۲۵۰ درجه فارنهایت) یا بالاتر برای مدت زمان مناسب نیازمند است. برای دستیابی به این دما، بخار باید در فشار ۳٤٥ تا ٥٥٠ kPa (٥٠ تا ۸۰ psi) به سیستم آورده شود. انرژی نهان تبخیر بخار اشباع آن را به یک استریل‌کننده قوی تبدیل می‌کند که گازهای غیر چگالشی مانند هوا با دمای بالا این قابلیت را ندارند.

بخار برای استریل‌سازی باید از طریق دستگاه مرکزی یا از طریق مولدهای مناسب (به طور معمول الکتریکی) که با هر استریل‌کننده ارائه می‌شود، ایجاد شود. بخار دستگاه مرکزی اغلب برای اماکن بزرگ بیمارستانی به لحاظ اقتصادی پیشنهاد می‌شوند، به خصوص اگر بخار با فشار مناسب برای گرمایش و سرمایش نیاز باشد. اما سیستم‌های مرکزی به سطح بالایی از عملیات نگهداری نیاز دارند. سازندگان استریل‌کننده‌ها، بویلرهای مناسبی را با ساختار کربن استیل برای کاربردهای معمول بخار فیلتر شده ارائه می‌کنند، که برای ترکیب آب با سختی کمتر از ٥۱ تا ۱۳۷ گرم در هر مترمکعب (۳ تا ۸ گرین در گالن) توصیه می‌شوند. فولاد ضد زنگ معمولاً برای کاربردهایی که نیاز به دیونیزه شدگی آب ورودی دارد، مورد استفاده قرار می گیرد.

۷-۷-۸ بخار برای رطوبت زنی

بخار توسط دستورالعملها و قوانین مختلف برای سیستم‌های تبخیر آب جهت رطوبت‌زنی در سیستم تهویه مطبوع در نظر گرفته می شود. بخار به دلیل ماهیت ذاتی استریل و گرایش کمتر به تماس با سطوح مرطوب هوارسان و رشد میکروب برای رطوبت‌زنی مناسب است. کنترل‌ها، رطوبت نسبی پایین‌دست را محدود کرده و زمانی که جریان هوایی وجود ندارد، از فعالیت رطوبت‌زن جلوگیری می‌کنند. بخار مورد استفاده برای رطوبت‌زنی باید کیفیت بالایی داشته باشد و عاری از کندانس باشد تا از اسپری قطرات کوچک و انباشتگی رطوبت در تجهیزات جلوگیری شود. بیشتر سازندگان، لوله انتشار بخار دولایه را که توسط طراحان بسیاری تأیید شده، ارائه می‌کنند، که در آن لوله اصلی انتشار با بخار ورودی پیش گرم شده تا بخار تزریقی خشک شود. بسته به کیفیت بخار قابل دسترس و سطح مجاز مواد شیمیایی، رطوبت‌زن‌ها از بخار مستقیم بویلر یا بخار حاصل از دستگاه مولد بخار استفاده

می‌کنند. وقتی که بخار مرکزی قابل دسترس نیست یا به لحاظ اقتصادی به صرفه و عملی نیست، سازندگان رطوبت‌زن انواعی از دیگ‌های بخار الکتریکی، گازی، یا بخار به بخار را برای تجهیزات خود ارائه می‌کنند.

۸ هواساز و سیستم توزیع هوا

۸-۱ مقدمه

هواساز و سیستم توزیع هوا در مراکز درمانی، وظیفه ایجاد شرایط آسایش حرارتی، تخلیه آلاینده‌های هوا و تامین هوای پاک برای تنفس را به عهده داشته و کنترل انتقال عفونت هوابرد را انجام می‌دهد. برای رسیدن به این منظور سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع باید به گونه ای طراحی شوند تا بتوانند جوابگوی بارهای گرمایی و سرمایی و نیازها و الزمات خاص بهره‌برداری از مراکز درمانی باشند. به علاوه این سیستمها باید به درستی نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری شوند. طراحان سیستم این فرصت را دارند که تاثیر عمیقی در دست‌یابی موفق به این شرایط داشته باشند. این فصل جنبه‌های مختلف طراحی هواسازها و سیستم توزیع هوا را توضیح داده و کمک می‌کند از کارکرد مناسب این سیستم-ها در تمام دوره عمرشان اطمینان حاصل شود.

۸-۲ طراحی کلی

طراحی هواسازها و سیستم توزیع هوا باید در حین طراحی اولیه مراکز درمانی آغاز شود تا مهندس تاسیسات بتواند در تعیین موقعیت نصب و اندازه فضاهای موردنیاز برای نصب تجهیزات (شامل اجزای توزیع کننده) تاثیر گذار باشد. معمار و مالک پروژه باید بپذیرند آنچه برای الزامات تجهیزات تاسیساتی درابتدای کار لحاظ می‌کنند باعث افزایش قابلیت کلی و جنبه اقتصادی دستگاه‌ها، کمک به ارائه بهتر خدمات، کاهش ترافیک بهره-برداری در فضاهای اشغال‌شده و افزایش قابلیت تعدیل و توسعه در آینده خواهد شد. اگر

لحاظ کردن الزامات فضای تاسیسات تا طراحی نهایی به تاخیر انداخته شود، اغلب باعث جانمایی ضعیف، تنگ و غیرمفید سیستمها و تجهیزات شده و موجب افت کارایی و قابلیت بهره‌برداری آز آنها می‌شود.

۸-۲-۱ فرضیات ابتدایی

محل اتاق تجهیزات باید امکان دسترسی آسان افراد به تجهیزات و در صورت لزوم دسترسی ادوات و لوازم آنها به تجهیزات را داشته باشد. اتاق تجهیزات طوری جانمایی شود که اجزای توزیع‌کننده و دریچه‌ها را بتوان در بالای کریدورها یا فضاهای عمومی نصب کرد و افراد تعمیرکار بدون اینکه در فضاهای مراقبت بیمار کار کنند یا از آن عبور کنند بتوانند به تاسیسات دسترسی داشته باشند. اطمینان حاصل کنید که اختصاص فضای اتاق تاسیسات برای همه تجهیزات با در نظر گرفتن فواصل مناسب در نظر گرفته شده است. همچنین برای لوله‌کشی و کانالهای عمودی، فضای مورد نیاز و محل مناسب در نظر گرفته شود. عدم توجه به فضای تجهیزات می‌تواند باعث دشواری کار طراحی در مراحل بعدی، صدمه زدن به طراحی معماری و در نتیجه فضای ناکافی برای نصب و تعمیر و نگهداری تجهیزات شود. تخلیه فضاهای مختلف باید به صورت مجزا باشد یا به گونه‌ای منطقه‌بندی شود که فضاهای با نوع و میزان آلودگی یکسان با همدیگر تخلیه شوند.

۸-۳ مفروضات اصلی طراحی هواساز

در تامین آسایش حرارتی و تعویض هوای مراکز، یک هواساز در یک زمان چندین کار را انجام می‌دهد که عبارتند از ورود هوای بیرون جهت تامین الزامات هوای مورد نیاز، اختلاط این هوا با هوای برگشتی از فضاهای مجاز ساختمان، تنظیم دما، کنترل رطوبت، تصفیه هوا برای حفاظت از تجهیزات و دفع آلاینده‌ها و کاهش صدای فن به منظور کنترل سطح صدا در فضاهای اشغال شده.

۸-۳-۱ بدنه هواساز

در طراحی بدنه هواساز به حداقل رساندن تجمع آلودگی و آب، مقاومت در برابر خوردگی و سهولت دسترسی مناسب برای بازدید و تعمیرات از اهمیت اساسی برخوردار است. مهم است در جاهایی که احتمال تجمع آب وجود دارد (به عنوان مثال، پایین‌دست کویل‌های سرمایی یا رطوبت‌زن‌ها) هیچ عایق قابل نفوذی استفاده نشود. به طور مشخص

هیچ آسترکاری برای پایین دست فیلترهای نهایی مجاز نیست. عایق‌کاری در هواساز باید توسط یک لایه غیرقابل نفوذ مثلا با استفاده از ساندویچ پانل دوجداره فلزی، از جریان هوا جدا گردد. نگرانی اصلی این است که عایق‌کاری الیافی سطوح بیرونی می تواند محل تجمع غبار و رطوبت شود و به شکل یک بستر مناسب رشد برای میکروارگانیسم‌های خطرناک عمل نماید. پس از سرایت عفونت واقعا هیچ راه موثری برای زدودن آلودگی یا ضدعفونی کردن عایق وجود ندارد. بعضی از تولیدکننده‌ها پوششهای را ارائه می‌دهند که از سایش عایق جلوگیری موثری می‌کند به طور مثال با پوشش فویل یا پلاستیک جلوی آلودگی و رطوبت را می‌گیرند و قابلیت تمیز کردن آنها وجود دارد. این مواد به هرحال دوام بالا و قابلیت تمیز شدن ورق فلزی را ندارند. تمام سطوح داخلی هواساز باید امکان بازدید و تمیزکاری را داشته باشد. آسترها یا پانلهای داخلی باید به رنگ روشن بوده و نور کافی برای تسهیل فرایند تعمیر و نگهداری وجود داشته باشد. بدنه های دوجداره باید دارای عایق مناسب باشند تا در آب و هوای مرطوب تابستان جلوی تقطیر روی سطح بیرونی گرفته شود.

۸-۳-۲ دریچه‌های مکش هوای بیرون

طراحان باید محل ورودی هوای بیرون برای هواساز را با دقت انتخاب نمایند. ورودی‌ها نباید نزدیک منابع بالقوه آلوده جانمایی شوند. از جمله این منابع می‌توان به خروجی دودکش بویلر و ژنراتور، خروجی هوای آزمایشگاه، ونت فاضلاب، برج‌های خنک‌کن، پارکینگ آمبولانس و وسایل نقلیه، محل تخلیه و بارگیری و محل نشستن هلیکوپتر اشاره کرد. بسیاری از مراجع، یک معیار کلی برای حداقل فاصله ورودی هوا از منابع بالقوه آلودگی ارئه می‌دهند به نحوی که هوای مناسب و تمیز به داخل هدایت شود. این فاصله بین ۳ تا ۲۳ متر نوسان می کند. راهنمای AIA مقدار ۷/٦ متر و دستنامه ASHRAE مقدار ۹/۱ متر را توصیه می‌کند. طراحان باید در بکارگیری چنین ضوابطی قضاوت نمایند، به هر حال ممکن است فاصله ۹/۱ متر برای منبع آلودگی که میزان تمرکز آلودگی آن بالا است و جهت باد غالب نامناسب است، کافی نباشد. بعضی عوامل بیماری‌زای هوازی مثل باکتری لژیونلا به عنوان موارد شناخته‌شده‌ای هستند که از فواصل طولانی‌تر نیز از طریق منابع رطوبت‌زن مثل برج خنک کننده منتقل می‌شوند. طراحان باید اظهارنظر حرفه‌ای کنند و در جایی که شک وجود دارد، از روشهای تحلیلی و حتی روشهای شبیه‌سازی در جهت انتخاب جای مناسب

تامین هوا، استفاده نمایند.

ورودی هوای بیرون باید حداقل ۲/٤ متر از سطح زمین بالاتر باشد (در بعضی از ضوابط و مقررات ۳ متر) تا جلوی ورود علف‌های هرس شده، برگها، پر پرندگان یا سایر آشغالها (اغلب مرطوب) که می‌توانند دریچه‌ها و فیلترها را مسدود کرده و محلی برای رشد میکروب شوند را بگیرد. در جایی که ورودی هوا در بالای ساختمان قرار دارد برای پیشگیری از ورود آشغال باید این ورودی حداقل ۰/۹ متر از سطح بام بالاتر باشد. در مناطق سرد، طراحان باید موقعیت ورودی هوا را به نحوی تعیین کنند که امکان رسیدن برف به آن نباشد. تمام ورودی‌ها باید مجهز به دریچه‌ای باشد که بتواند از ورود نزولات جوی که توسط باد آورده می‌شود ممانعت نموده و مجهز به توری برای ممانعت از ورود پرندگان و خزندگان باشد. از قرار دادن ورودی هوا نزدیک سطوح افقی خودداری شود زیرا این امر می‌تواند باعث نفوذ باران شده و همچنین تبدیل به منبع خطرناکی از رشد میکروب به واسطه فضولات پرندگان یا سایر آشغالهای ارگانیک شود.

۸-۳-۳ حفاظت در برابر یخ زدگی

ترکیدن کویل‌ها یا خاموش شدن خودکار سیستم به واسطه تماس با هوای زیر صفر، یک رخداد رایج در ساختمانها است که به این دلایل اتفاق می‌افتد: اختلاط نامناسب هوا، قرار گرفتن کویلها در معرض ۱۰۰٪ هوای بیرون، جمع شدن آب کندانس در کویل‌های بخار و جانمایی و نصب نامناسب سنسور ضد یخزدگی. زمان لازم برای باز کردن کویل صدمه‌دیده و تمیز کردن بدنه آب گرفته هواساز (و احتمالا تمیزکاری شیمیایی آن) می‌تواند یک هواساز را در شدیدترین شرایط بحرانی آب و هوایی، برای یک مدت طولانی از مدار خارج نماید. نشت آب از یک کویل سرمایی صدمه دیده در داخل دستگاه می‌تواند یک محیط مناسب برای رشد میکروب فراهم نموده و برای مدت زمان طولانی نیز معلوم نشود.

صدمه بالقوه ای که به مراکز درمانی در چنین شرایطی وارد می‌آید می‌تواند بسیار شدید و پرهزینه باشد. این فصل به چند روش عمومی پیشگیری از یخزدگی می‌پردازد. توصیه می‌شود که مهندس طراح توجه دقیقی به بهره‌برداری زمستانی دستگاه نماید تا مطمئن شود پیش‌بینی دقیقی از وضعیت‌های محتمل دارد که طی آن دستگاه نه تنها در حالت کارکرد طبیعی بلکه طی حالت های خالی، اضطراری یا نقص فنی دچار مشکل نخواهد شد.

۸-۳-۴ اختلاط هوا

پس از آن که در یک هواساز،دریچه ورود هوای بیرون به طور مناسب جانمایی و نصب شد، توجه طراح باید بر چگونگی اختلاط هوا متمرکز شود. باید اطمینان حاصل شود که جریان هوای بیرون و هوای برگشتی (اگر مجاز باشد) به نحو صحیح مخلوط شده و از برخورد لایه لایه هوا و تشکیل یک لایه هوای زیرصفر در پایین دست جریان جلوگیری شود. هدف از اختلاط فیزیکی، دست‌یابی به یک دمای هوای یکنواخت است. دستکاری فیزیکی دو جریان هوا مستلزم آن است که بر تمایل طبیعی لایه‌های هوا برای چندلایه شدن در دماهای متفاوت، غلبه شود. تمام سازندگان بزرگ هواساز، جعبه اختلاط ارائه می‌کنند و در مورد محدودیتهای کارایی‌شان راهنمایی لازم را ارائه می‌نمایند. در شرایط سخت آب و هوایی یا در جایی که درصد هوای بیرون زیاد است، طراحان باید تجهیزات اختلاط هوای تکمیلی یا تمهید خاص در نظر بگیرند. مخلوط‌کننده‌های هوای پیش‌ساخته توسط برخی از سازندگان ارائه می شود که داده‌های راندمان اختلاط جریان هوا در کاتالوگشان ارائه شده است. با وجود اینکه فعلا هیچ استاندارد ملی برای آزمودن این تجهیزات نیست، طراحان تاسیسات به طور گسترده از آنها استفاده می‌کنند و اگر با شرایط صحیح ورودی و خروجی نصب شوند و با سرعت مناسب هوا مطابق با آنچه سازنده توصیه کرده بکار روند، می-توانند بهبود قابل توجهی در اختلاط جریان هوا ایجاد نمایند.

۸-۳-۵ پیش فیلتر

قبل از کویلهای سرمایی و گرمایی و درون جعبه اختلاط یا بلافاصله پس از آن، یک پیش‌فیلتر اولیه با راندمان تصفیه ۳۰٪ (یا MERV 7) موردنیاز است. این فیلتر گرد و خاک و سایر ذرات بزرگ را پیش از آن که بتوانند کویلها یا سایر اجزا را مسدود نمایند جدا می-کند. فیلترهای قابل تعویض دور انداختنی، نسبت به انواع قابل تمیز کردن، رسیدگی کمتری نیاز داشته و معمولا به همین دلیل استفاده از آنها توصیه می‌شوند. تمام فیلترها باید در هواساز به همراه یک فشارسنج تفاضلی نصب شوند تا با نشان دادن اختلاف فشار استاتیک دو سمت فیلتر مشخص شود که چه زمانی وقت تعویض فیلتر است. جایی که تاسیسات، مجهز به سیستم کنترل و مانیتورینگ مرکزی است، باید اختلاف فشار فیلتر قابل نمایش بوده و روی سیستم برای آن آلارم در نظر گرفته شود.

۸-۳-۶ ملاحظات عمومی برای کویل های سرمایی و گرمایی

باید هر دو طرف کویل‌ها قابل دسترس برای تمیز کردن یا شانه کردن (صاف کردن فین-های له‌شده) باشد. برای رسیدن به این هدف طبیعتا درب‌های دسترسی موردنیاز است. درب دسترسی باید به قدر کافی بزرگ باشد که دسترسی و کار کردن روی سطح کویل امکان-پذیر شود. کویل‌ها باید از فلزات غیرقابل خوردگی، عموما لوله مسی با پره آلومینیومی باشند. توجه کنید که محل شیر هواگیری دستی و خودکار و جهت آن به گونه‌ای باشد که هنگام هواگیری، آب به داخل هواساز نشت نکند. برای اینکه امکان بازدیدهای ضروری و بالانس کردن کویل وجود داشته باشد مطمئن شوید که گیج‌های فشار و دماسنج‌ها (یا محل اتصال مناسب برای این اندازه گیرها)، ابزار اندازه‌گیری جریان و شیرهای بالانس دستی در لوله‌کشی و اتصالات آن لحاظ شده باشد. همچنین سنسورهای دما یا پورت سنسور در جریان هوای قبل و بعد از کویل می‌تواند برای بررسی عملکرد و عیب‌یابی دستگاه مفید باشد. برای تسهیل در باز کردن کویل باید شیرهای قطع و مهره ماسوره در نظر گرفته شود. دقت کنید موقعیت کویل‌ها نسبت به مکش یا دهش فن صحیح باشد. اگر کویل بیش از حد به فن نزدیک باشد، توزیع سرعت غیریکنواخت روی سطح کویل باعث کاهش ظرفیت، انتقال قطرات آب توسط هوا و مشکلات یخ‌زدگی خواهد شد یا باعث انسداد می‌شود. در حالت کلی سرعت جریان عبوری از سطح کویل نباید بیش از ۱۰ درصد اختلاف داشته باشد.

۸-۳-۷ کویل پیش گرمایش

در بعضی از کاربری‌ها یک کویل پیش‌گرمایش پس از پیش‌فیلتر و قبل از کویل سرمایی قرار می‌گیرد. کویل پیش‌گرمایش می‌تواند توسط آب داغ یا بخار کار کند و درجایی ارائه می‌شود که دمای هوای اختلاط پایین‌تر از دمای هوای خروجی از هواساز باشد یا وقتی که دمای هوای اختلاط زیر دمای انجماد یا نزدیک به آن است.

علاوه بر در نظر گرفتن عملکرد تحت شرایط طراحی، طراحان باید به اینکه کویل باید تحت شرایط سخت‌تر نیز عملکرد مناسب داشته باشد توجه داشته باشند. به عنوان مثال، یک فن که طراحی شده تا در هنگام حالت تخلیه دود اضطراری با ۱۰۰ درصد هوای بیرون کار کند، باید یک کویل پیش‌گرمایش با اندازه مناسب داشته باشد که دمای هوای خروجی را به بالاتر از نقطه انجماد افزایش دهد. ملاحظات مربوط به یخ زدن کویل شامل موارد ذیل است.

ملاحظات یخ زدگی برای کویل های بخار

یخ زدن مکرر کویل بخار نتیجه این است که قسمتی از کویل که در آن مایع تقطیر

انباشته می‌شود در معرض دمای هوای سرد قرار می‌گیرد. بنابراین طراحان باید توجه خاص به تخلیه کندانس از دستگاه داشته باشند.

ملاحظات یخ زدگی برای کویل های آب گرم

جایی که از کویل‌های آب گرم استفاده شده است طراحان باید براساس شرایط آب و هوایی، یک راه حل پیشگیری از یخزدگی در سیستم را بکار گیرند. استفاده از درصد بالای گلیکول می تواند به خوبی تا دمای ۱۸- درجه سلسیوس (صفر درجه فارنهایت) از یخ زدن جلوگیری نماید. این امر علاوه بر کاهش انتقال حرارت و افزایش انرژی موردنیاز برای پمپاژ به هر حال ملاحظات تعمیرات و نگهداری خاصی نیز می‌طلبد. مسئولین تعمیر و نگهداری باید درصد آب/گلیکول را مطابق آنچه طراح تعیین کرده استفاده نمایند ولی اغلب این عمل به درستی انجام نمی‌شود و پرسنل نگهداری، درصد گلیکول را تنها با توجه به رنگ محلول حدس می‌زنند. باید در بکارگیری فرمولاسیون ضدیخ صحیح دقت شود؛ نمونه هایی از اشتباه پرسنل نگهداری در بکارگیری ضدیخ اتومبیل در تاسیسات گرمایشی باعث ایجاد رسوب نامطلوب در کویل‌های گرمایی شده است. به هر حال وقتی که ضدیخ به درستی استفاده شود، می تواند یک انتخاب خوب باشد. یکی از روشهای مناسب حفاظت از یخزدگی در کویل های گرمایی، چه از ضدیخ استفاده شود چه از آب، استفاده از پمپ اختصاصی است، در این حالت، پمپ یک جریان پیوسته آب در کویل گرمایی در کل فصل کاری ایجاد کرده و به واسطه چرخش آب و همچنین گرمای انتقالی از پمپ به آب، از یخزدگی جلوگیری می‌کند.

۸-۳-۸ پایشگر یخ زدگی در هواساز

معمولا یک پایشگر یخزدگی در بالا دست کویل سرمایی قرار می گیرد (این جانمایی ممکن است بسته به طراحی هواساز متفاوت باشد). وظیفه پایشگر یخزدگی این است که دمای یخ زدن را تشخیص داده و اخطار دهد و هواساز را قبل از آسیب دیدن کویل، خاموش نماید. بسیاری اوقات نصب نابجای پایشگر یخزدگی باعث آسیب دیدن کویل‌ها می‌شود. پایشگر یخزدگی باید به گونه‌ای طراحی و نصب شود که در هر نقطه از کویل امکان یخزدگی را تشخیص داده و سیستم را خاموش کند.

۸-۳-۹ کویل های سرمایی

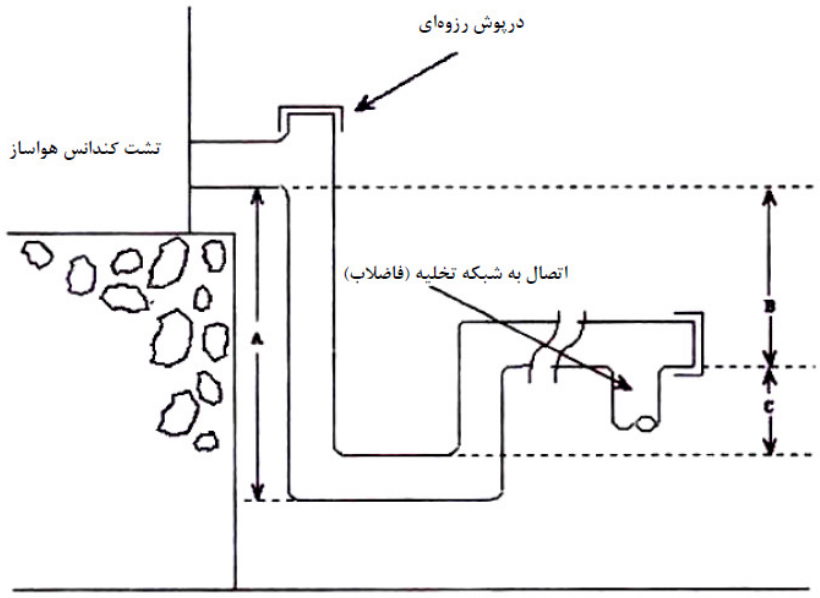
یک کویل سرمایی علاوه بر ارائه سرمایش محسوس، به عنوان یک رطوبت‌گیر نیز عمل می کند و باید دارای یک سطح با انتقال حرارت بالا شامل حداقل شش ردیف لوله با فین‌های نسبتا متراکم باشد. کویل‌های سرمایی به عنوان سطوح انتقال حرارت که دائما خیس هستند، به راحتی گرد و غبار را جمع کرده و می‌توانند یک پایگاه رشد میکروب شوند. به همین دلیل قابلیت تمیز کردن کویل بسیار مهم است. تعداد زیاد ردیف لوله و فاصله کم فین‌ها تمیزکاری را مشکل می کند، بنابراین توصیه می‌شود که تعداد ردیف لوله از ٦ بیشتر نشود و تعداد فین بیش از ۱۲ تا ١٤ فین در اینچ نباشد. در جایی که ردیف بیشتر موردنیاز باشد باید به دو کویل تقسیم شود (که در جهت جریان سری می شوند). هر دو سمت قبل و بعد از کویلها باید جهت استفاده از یک دستگاه شستشوی قوی در دسترس باشد. سایر ملاحظات مربوط به کویل سرمایی شامل موارد ذیل است:

انتقال رطوبت

برای اجتناب از انتقال قطرات از کویل سرمایی به داخل بدنه هواساز، باید سرعت هوا در کویل سرمایی محدود شود. طراحان عموما سرعت کمتر از ۲/۳ تا ۲/۸ متر بر ثانیه را مجاز می دانند. البته در مورد فین‌هایی که پوشش خاص دارند ممکن است سرعت تا ۳/۱ تا ۳/۲ متر بر ثانیه مورد قبول باشد.

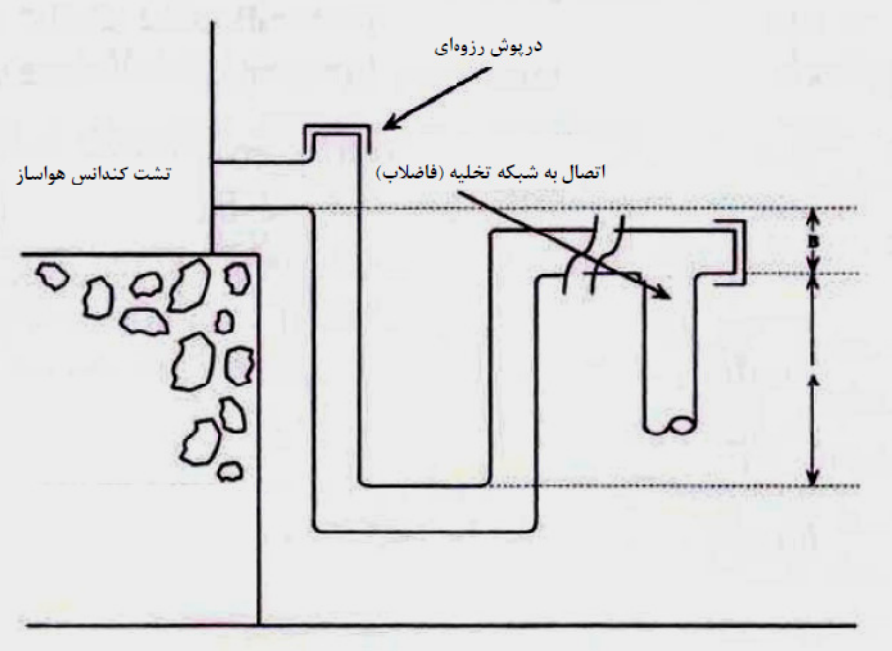
اگر قرار باشد ظرفیت هوادهی در آینده افزایش یابد، معقول آن است که اندازه کویل براساس سرعت کمتر از ۲/۳ متربرثانیه تعیین شود. کویلهای سرمایی باید دارای یک سینی مناسب ساخته شده از فلزات ضدزنگ برای جمع آوری و دفع کندانس و اجتناب از ماندن آب باشند. یک سینی که بزرگتر از اندازه است می تواند تاثیر نامناسبی داشته باشد و محلی برای رشد میکروب شود. سینی باید حداقل ٥ سانتی متر عمق داشته باشد و لوله تخلیه آن مجهز به سیفون بوده و در جایی قرار گرفته باشد که هم لوله و هم سینی تخلیه شود. در جایی که کویل‌ها به صورت عمودی قرار گرفته‌اند باید برای هر کویل یک سینی مجزا که مجهز به سیفون است ارائه شود. همه سینی‌ها باید به صورت صحیح سیفون شوند تا در هنگام کارکرد فن، آب کندانس جمع شده در سینی بطور پیوسته تخلیه گردد. الزامات ابعادی سیفون بسته به اینکه کویل تحت فشار مثبت یا فشار منفی باشد متفاوت خواهد بود. در هر دو نوع، هوابندی سیفون به جهت جلوگیری از ورود گازهای فاضلاب به داخل هواساز از اهمیت خاصی برخوردار است.

شکل ۸-۱ یک سیفون کندانس برای یک کویل با فشار منفی را نشان می دهد. اگر سیفون به درستی انتخاب نشود، افزایش فشار منفی که فن دستگاه بوجود آورده اجازه نخواهد داد که آب از سینی تخلیه شود. ارتفاع A برابر است با B+C که در آن B برابر است با حداکثر فشار استاتیک هواساز بعلاوه ۲۵ میلیمتر آب (۲۵۰ پاسکال) و C برابر است با نصف B.



شکل۸-۱ سیفون کندانس برای کویل های در معرض فشار منفی

شکل ۸-۲ شکل صحیح یک سیفون کندانس را برای کویلی که تحت فشار مثبت قرار دارد نشان می دهد. در این مورد بخش عمودی خروجی سیفون باید به قدر کافی بلند باشد تا به فشار مثبت استاتیکی که به سینی اعمال می شود غلبه کند در غیر این صورت سیفون تخلیه شده و دیگر هوابند نخواهد بود. ارتفاع A برابر است با حداکثر فشار استاتیک هواساز بعلاوه ۱۳ میلیمتر آب (۱۲۵ پاسکال) و B برابر است با ۱۳میلیمتر آب.



شکل۸-۲ سیفون کندانس برای کویل های در معرض فشار مثبت

۸-۳-۱۰ ملاحظات فن (فن اصلی هواساز)

طراحان باید در انتخاب فن هوای رفت هواساز به شرایط واقعی بهره‌برداری و نگهداری توجه کنند تا کارکرد رضایت‌بخش در درازمدت محقق شود. مشخصه‌های جریان/فشار سیستم هوایی و به طبع آن نقطه عملکرد فن اغلب نسبت به آنچه محاسبه نشان می‌دهد متفاوت است. یک راه حل خوب این است که توان موتور فن به نحوی تعیین گردد که برای بهره‌برداری فن در گستره وسیعی از منحنی عملکرد آن کافی باشد. فن‌ها را طوری انتخاب کنید که در حالت کارکرد طبیعی‌شان در محدوده "سرج" نباشند. ضرورت نیاز به کاهش صدای فن را که ممکن است از طریق سیستم توزیع به فضای ساختمان انتقال یابد در نظر بگیرید. در انتخاب فن به مشخصه‌های تولید صدا توجه کنید. وقتی فیلترهای نهایی یا کویل‌ها بعد از خروجی فن قرار گرفته باشد، ممکن است (بسته به شرایط) یک پخش‌کننده هوا برای یکنواخت کردن پروفیل سرعت لازم باشد.

در انتخاب فن، توجه به عوامل زیر نیز ضروری است:

- **اثر سیستم**[1]: جداول عملکرد فن طبیعتا براساس شرایط آزمایشگاهی است (که روی ورودی و خروجی آن اعمال شده) و اغلب در شرایط میدانی مهیا نمی‌شود. در جایی که شرایط از حالت ایده‌آل دور شود، کارایی فن نیز کمتر از مقادیر کاتالوگ خواهد بود. پارامتر "اثر سیستم" برای تعریف کاهش کارایی بر اثر شرایط غیرایده‌آل ورودی و خروجی بکار می‌رود. اثر سیستم با واحد افت فشار (پاسکال) یا مضربی از "فشار دینامیک" در خروجی فن تعریف می‌شود. در سمت مکش، اثر سیستم می‌تواند نتیجه عواملی مثل محدود شدن ورودی‌ها، انسداد جریان (پره‌های ورودی) و گردابه هوای ناشی از طراحی غلط زانویی ورودی باشد. در سمت خروجی فن، اثر سیستم در نتیجه انسداد توسط اتصالات یا تجهیزات (مثل کویل‌ها، زانویی‌ها و انشعابات) که خیلی نزدیک به خروجی فن نصب شده‌اند، ایجاد می‌شود. بیشتر تولیدکنندگان هواساز و چندین مرجع صنعتی و استاندارد، یک دستورالعمل راهنما برای تخمین اثر سیستم ناشی از چیدمانهای رایج ورودی و خروجی ارائه می‌کنند. یکی از منابع AMCA 201:1990 است. برای مهندسین طراح، هنگام انتخاب یک فن، مطالعه مدارک سازنده هواساز بسیار مهم است از آن جهت که بدانند فن تحت چه شرایطی آزمایش شده و بتوانند اثرات سیستم را به نحو مناسب تخمین بزنند.
- **تلفات تسمه**: شرایط آزمایشگاهی بدین صورت است که فن در حالی که توسط یک توان‌سنج بدون تسمه به صورت مستقیم راه‌اندازی شده، آزمایش می‌شود. بنابراین اطلاعات توان فن که در کاتالوگ سازنده آمده اغلب شامل تاثیر تسمه نیست که می‌توان بسته به مشخصات تسمه، کشش تسمه و غیرهT مقدار آن را بین ۳ تا ۵ درصد از کل توان خروجی موتور در نظر گرفت.

انتخاب فن برای یک کاربرد مشخص، نیاز به توجه طراح به مشخصه‌های کارایی و الزامات فضای تهویه برای انواع مختلف فن یا متغیرهای موجود دارد. برای هواسازهای بزرگ عموما و نه انحصارا از فن‌های سانتریفوژ استفاده می‌شود. فن‌های سانتریفوژ می توانند با پره‌های فورووارد، بکوارد و ایرفویل باشد که هر کدام از این انواع دارای سرعت، صدا، کارایی و توان متفاوت هستند. به علاوه فن‌های سانتریفوژ می‌تواند به صورت باز (پلنیوم) یا به صورت خروجی مستقیم باشد که میزان نویز، اثر سیستم و فضای موردنیاز

[1] System effect

آن متفاوت است. گاهی اوقات از فن‌های محوری برای تامین هوا استفاده می‌شود. در گذشته این انواع برای کاربری‌های حجم-متغیر بسیار رایج بود که با به بازار آمدن راه‌اندازهای دور-متغیر با قیمت مناسب، این تجهیزات از رونق افتاد.

۸-۳-۱۱ ملاحظات فن برگشت

به طور معمول دستگاه‌های هواسازی که مجهز به اکونومایزر هستند، نیاز به فن برگشت دارند. صدای فن و ضرورت توجه به کاهش انتقال صدا از طریق کانال‌کشی به فضای داخل باید همانند فن رفت، جزء ملاحظات فن برگشت باشد. اطمینان حاصل کنید که فضای مناسب برای دسترسی افراد به تمام اجزاء فن برگشت که نیاز به بازرسی یا سرویس دوره‌ای دارند، در نظر گرفته شود. مهندس طراح همانند فن رفت، نیاز به ارزیابی اثر سیستم که نتیجه شرایط ورودی و خروجی است، دارد. در انتخاب فن باید کارایی مورد نیاز و الزامات فضای تهویه برای هر کاربری در نظر گرفته شود.

۸-۳-۱۲ رطوبت زن

در هواسازهای مربوط به مراکز درمانی، معمولا برای تامین حداقل سطح رطوبت نسبی فضاهای داخلی به رطوبت‌زن نیاز است. بیشتر مراجع، یک رطوبت نسبی حداقل ۳۰ درصد با امکان تامین سطوح بالاتر رطوبت در فضاهای خاص را تعیین کرده‌اند. پیچیدگی‌های طراحی رطوبت‌زن و تعمیرات آن اغلب از سوی طراحان دست کم گرفته شده که در نتیجه این دستگاه مکررا توسط تیم نگهداری از مدار خارج می شده یا به عنوان علت آلودگی و خوردگی درهواساز یا کانالها از آن یاد می شود.

طراحان باید انتخاب و جانمایی رطوبت‌زن در هواساز یا کانال را با دقت انجام دهند تا از تجمع رطوبت در تجهیزات پایین‌دست مثل فیلترها و عایق‌ها اجتناب شود. ملاحظات طراحی رطوبت‌زن شامل موارد ذیل است:

انواع رطوبت‌زن

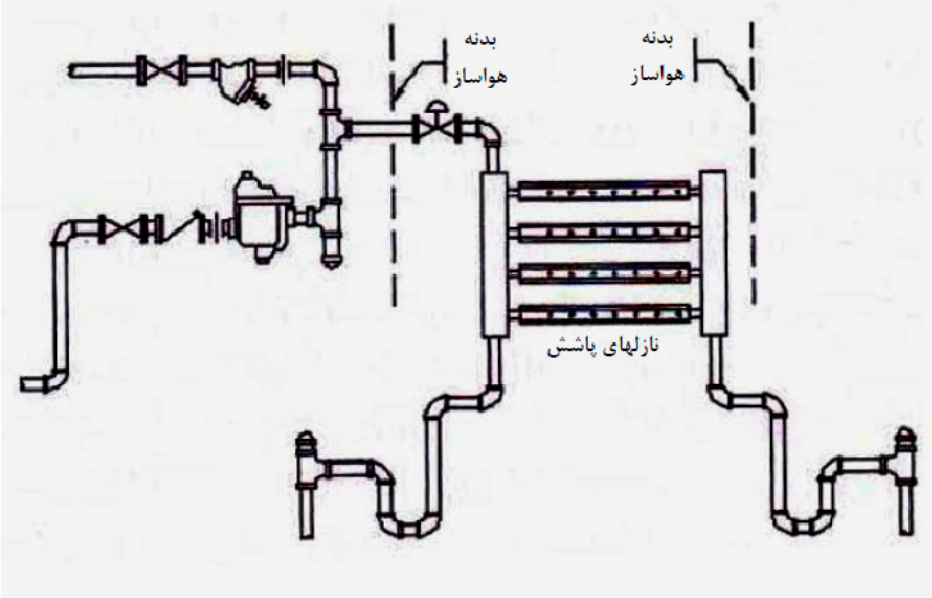
بیشتر طراحان و بسیاری از استانداردها، رطوبت‌زن‌های نوع تزریق بخار را برای مراکز درمانی توصیه می‌کنند. بخار، استریل بوده و بنابراین خطر بسترسازی برای زنده ماندن میکروارگانیسم‌ها از قبیل لژیونلا را در جریان هوای ساختمان ندارد. بخار ممکن است به صورت مرکزی (توسط بویلر یا مبدل حرارتی) یا به صورت موضعی توسط مولد الکتریکی، گازسوز یا بخار به بخار تولید شود. صرفنظر از منبع بخار، باید دقت شود که فقط بخار

خشک به تزریق‌کننده بخار وارد شود. از توصیه‌های سازنده برای سیفون مناسب و لوازم تخلیه آب کمک بگیرید و اطمینان حاصل کنید که جزئیات لازم و دستورالعملها در نقشه‌های ساختمان ذکر شود.

اجتناب از خیس شدن هواساز یا اجزای کانال

در جایی که هوا اشباع است و بخار خشک به داخل جریان هوا تزریق می‌شود، بخشی از بخار فورا تقطیر شده و مه یا ابری از ذرات آب تشکیل می‌دهد. به جز در مواردی که فضای مناسب پایین‌دست جریان اجازه تبخیر مجدد را می‌دهد، مه به تجهیزات پایین‌دست سرایت کرده و باعث جمع شدن آب می‌گردد. در این شرایط فیلترها، عایق‌های در معرض و حتی ورق‌های فلزی می‌توانند به راحتی محل رشد میکروب شوند و فن ها و سایر اجزای کانال-کشی و هواساز به سرعت زنگ خواهد زد. طول موردنیاز برای تبخیر مجدد تابعی از دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت، ابعاد بدنه و کانال و ترکیب رطوبت‌زن بوده و می‌تواند بین چند سانتیمتر تا ۳/٦ متر تغییر کند.

بعضی از طراحان ترجیح می‌دهند رطوبت‌زن‌ها را داخل هواساز قرار دهند. گاهی اوقات با توجه به فضا یا وضعیت، این تنها محل موجود است. چون سرعت هوا در محفظه هواساز کم است، استفاده از چند ردیف رطوبت‌زن (شکل ۸-۳ را ببینید) باعث می‌شود که بخار به آسانی جذب هوا شود. در بعضی از وضعیت‌ها ممکن است برای حفاظت بیشتر در مقابل خیس شدن تجهیزات پایین‌دست، به قطره‌گیر نیاز باشد. نصب رطوبت‌زن در هواساز زمانی مجاز است که یک فیلتر نهایی با راندمان بالا پس از رطوبت‌زن نصب شده باشد تا باعث حفاظت مضاعف در مقابل امکان بالقوه عناصر میکروبی باشد. یک تکنیک رایج نیز نصب رطوبت‌زن بیرون از بدنه هواساز در کانال خروجی است. در اینگونه موارد باید کانال با طول مستقیم مناسب پس از دستگاه وجود داشته باشد تا قطرات رطوبت کاملا بخار شود. دراین نوع رطوبت‌زن، دسترسی صحیح برای بازرسی و سرویس یک امر حیاتی است.



شکل۸-۳ رطوبت زن بخار با چندین ردیف پاشش

ملاحظات تعیین اندازه و کنترل

اغلب طراحان در یک سیستم VAV، اندازه رطوبت‌زن هواساز را بر اساس کمترین جریان هوا در فصل زمستان و دمای بیرون متناظر با آن، تعیین می‌کنند. هنگامی که از یک اکونومایزر استفاده شود، تعیین اندازه رطوبت‌زن بر اساس این معیار ممکن است قادر به رساندن رطوبت نسبی هوای خروجی به نقطه تنظیم نباشد.

۸-۳-۱۳ کاهش صدای هواساز

در بسیاری موارد طراحان تشخیص می‌دهند که برای دستیابی به اینکه سطح صدای زمینه اتاق مطابق با معیار طراحی باشد کاهش صدای فن (هوای رفت، برگشت یا هر دو) ضروری است. معمولا این نگرانی در خصوص هواسازهای دوجداره که برای مراکز درمانی استفاده می‌شوند، وجود دارد، زیرا جداره فلزی داخلی در مقابل نویز مقاومت کرده و این به انتقال صدا از طریق کانال کمک می‌کند. در جایی که کاهش صدا ضرورت دارد، تنها انتخاب طراحان بکارگیری کانال با پوشش آکوستیکی، صداگیرهای الکترونیکی و مکانیکی است. معمولا صداگیرهای حاوی ماده پرکننده، بهترین انتخاب است. برای استفاده از صداگیرها باید به مشخصات فنی و روش نصب توجه ویژه کرد.

۸-۳-۱۴ بانک فیلتر ثانویه

بسیاری از فضاها در مراکز درمانی به سطح تصفیه بالاتر از آنچه که پیش‌فیلتر به تنهایی تامین می کند (راندمان جذب غبار ۳۰ درصد) نیاز دارند. راهنمای AIA به عنوان مثال سطح تصفیه ۹۵ درصد (MERV 15) را برای تمام فضاهای نگهداری بیمار پیشنهاد می‌کند. برخی از کدها، فیلتر هپا را برای فضاهای بستری به ویژه مواردی که بیماران مشخصا در برابر عفونت آسیب‌پذیر هستند (برای مثال اتاقهای ایزوله حفاظت از بیماران دارای نقص سیستم ایمنی و اتاقهای ارتوپدی) ضروری می‌دانند. طراحان باید مطمئن شوند که فضای کافی برای تعویض فیلترها تخصیص داده شود. تمام فیلترها باید مجهز به نشانگر اختلاف فشار هوا باشند که روی هواساز نصب شده تا نشان دهد که چه موقع فیلتر باید تعویض شود.

فیلتر ثانویه (که معمولا فیلتر نهایی نصب شده در هواساز است) یک عامل تعیین‌کننده در تعیین ابعاد کلی هواساز است. در هواساز مراکز درمانی، سرعت هوا در فیلترهای با راندمان ۹۵ درصد (MERV 15) و پایین‌تر، باید حداکثر ۲/۵ متر بر ثانیه باشد. در فیلتر هپا و فیلترهای با راندمان بالاتر (MERV 17 و بالاتر) حد سرعت هوا ۱/۵ متر بر ثانیه است. برای اطمینان از اینکه در تمام طول عمر فیلتر (از تمیز تا کثیف)، جریان هوای مناسب از فیلتر عبور خواهد کرد، طراحان هنگام محاسبه فشار موردنیاز فن باید افت فشار در حالت کثیف پیشنهاد شده توسط سازنده فیلتر را در طراحی مدنظر بگیرند. اگر پیشنهادی برای افت فشار نهایی در دست نباشد می‌توانید برای فیلترهای با راندمان ۸۰ الی ۹۵ درصد (MERV 13-15) افت فشار ۳۵۰ پاسکال درنظر گرفته شود. دقت کنید که وقتی فیلترها تمیز هستند، افت فشار سیستم کمتر از مقداری است که فن براساس آن انتخاب شده است، بنابراین توان موتور فن باید به گونه‌ای انتخاب شود که کارکرد آن در این شرایط نیز مناسب باشد.

۸-۳-۱۵ نمایشگرهای جریان هوا

تجهیزات مانیتورینگ جریان هوا اغلب برای جریان هوای رفت و برگشت در سیستم‌های VAV ارائه می‌شوند تا امکان کنترل تفاضلی جریان هوای رفت-برگشت وجود داشته باشد. علاوه بر این، تجهیزات مانیتورینگ جریان هوای بیرون هم در سیستم‌های VAV و هم در سیستم‌های حجم‌ثابت بکار می روند. تجهیزات مانیتورینگ برای اندازه گیری دقیق سرعت (و

بنابراین حجم جریان) به یک پروفیل سرعت یکنواخت نیاز دارد. ایجاد چنین پروفیلی معمولا نیاز به طول مناسب کانال مستقیم قبل از تجهیزات اندازه‌گیری دارد. طراحان باید پیشنهادهای سازندگان را بکار ببندند تا اطمینان حاصل شود که ملزومات مورد نیاز در چیدمان هواساز لحاظ شود. طراحان همچنین باید محدوده جریان را در نظر داشته و تجهیزات اندازه‌گیری را به گونه‌ای انتخاب کنند که نه تنها در آن محدوده با دقت کافی عمل کنند بلکه بتواند در سرعتهای پایین‌تر نیز جریان را اندازه‌گیری کنند (به عنوان مثال با استفاده از لوله پیتو).

۸-۳-۱۶ تجهیزات رطوبت گیری

در اغلب موارد آن اندازه از رطوبت‌گیری که توسط کویل سرمایی اولیه انجام می‌شود برای کاهش رطوبت نسبی و رعایت حداکثر مجاز آن طبق مقررات کافی است. اگر الزامات رطوبت نسبی سختگیرانه باشد، ممکن است نیاز به رطوبت‌گیری تکمیلی، منجر به استفاده از تجهیزات سردکننده مکانیکی یا دسیکنت شود. برخی از طراحان، به وسیله کنترل خودکار، به منظور انجام عمل رطوبت‌گیری، دمای خروجی از کویل سرمایی را به پایین‌تر از آنچه که به منظور سرمایش مورد نیاز است، می‌رسانند که به عنوان یک راهکار به گرمایش مجدد هوای رفت برای رسیدن به شرایط آسایش نیاز است.

۸-۴ گزینه های هواساز

در فصل پنجم این دستورالعمل به سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع پرداخته شد و اینکه در چه جاهایی کاربرد آنها مناسب است (یا نیست). این فصل فقط به برخی از ملاحظات اصلی می‌پردازد که برای انتخاب از میان رایج‌ترین سیستم‌ها به کار می-آیند. در مراکز درمانی، بسته به کاربری یا محیط آن، سیستم‌های یک‌کاناله و دوکاناله از نوع CAV و VAV مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌های چندمنطقه‌ای[۱] با توجه به تعداد زیاد کانال‌هایشان کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکثر دستورالعمل‌ها و کدهای بین‌المللی (نه همه آنها) سیستم‌های VAV را برای فضاهایی که به فشار نسبی مشخصی نیاز ندارند از قبیل اتاق‌های معاینه، اتاق بیماران عادی و فضاهای دفتری و اداری مجاز می‌دانند. سیستم-های CAV عموما برای فضاهایی مثل اتاق ایزوله، اتاق ICU، اتاق عمل و آزمایشگاه‌ها استفاده می‌شوند که در آنها فضاهای مجاور تحت فشار نسبی مجزا (متفاوت) هستند. وقتی

---

[۱] Multizone systems

که طراح قابلیت انتخاب بیش از یک سیستم را دارد باید انتخاب نهایی را با توجه به آنالیز هزینه دوره عمر انجام دهد.

۸-۴-۱ سیستم های حجم متغیر (VAV)

سیستم‌های VAV از طریق تغییر دادن دبی حجمی هوای تهویه مطبوع در مواقعی که بار کمتر از پیک خود است، باعث صرفه‌جویی در انرژی مصرفی فن می‌شوند. این سیستم در جایی که پیک بارها در فضاها به طور همزمان اتفاق نمی‌افتد، ممکن است منجر به استفاده از فنهای کوچکتر در مقایسه با سیستم‌های CAV شوند. ظرفیت هوادهی فن معمولا توسط پره‌های ورودی جهت‌متغیر یا موتور دورمتغیر و تحت فرمان سنسورهای فشار استاتیک که در سیستم توزیع هوا نصب شده‌اند، تغییر می‌کند. همچنین روشهای دیگر کنترل، با استفاده از دمپرهای خودکار نیز می‌تواند استفاده شود. سیستم‌های VAV تک‌کاناله به تجهیزات بازگرمایش برای کنترل صحیح دمای مناطق نیاز دارند. سیستم‌های VAV دوکاناله مجهز به کانالهای هوای گرم و سرد مجزا، برای دستیابی به دمای تنظیم هر فضا، هوای گرم و سرد را با هم مخلوط می‌کنند.

در سیستم‌های VAV این مهم است که دبی هوا در حالت حداقلی برای تامین حداقل هوای تازه موردنیاز کافی باشد. دبی هوا در حالت گرمایش باید به قدر کفایت باشد که بتواند توزیع مناسب در فضا انجام شود. سیستم‌های VAV در بعضی از کدها، برای فضاهایی که نیاز به فشار نسبی مشخص دارند، ممنوع شده است.

۸-۴-۲ سیستم های حجم ثابت (CAV)

سیستم‌های CAV به دلیل ناتوانیشان در کاهش انرژی فن در زمان کاهش تقاضای سرمایش، نسبت به سیستم‌های VAV هزینه‌های جاری مصرف انرژی بیشتری دارند. در مقابل، پیچیدگی کنترل این سیستمها و هزینه اولیه و تعمیرات سالیانه پایین است و هزینه اولیه کمتر، می‌تواند هزینه کلی دوره کاری سیستم CAV را با VAV قابل رقابت نماید. سیستم‌های CAV نوعا طراحی شده‌اند برای اینکه هوای سرد را به کویلهای بازگرمایش دریچه (در سیستم تک‌کاناله) یا جعبه‌های اختلاط (در سیستم دوکاناله) به منظور سرویس دادن به ناحیه‌های مورد نظر، توزیع نمایند. از آنجا که این سیستمها دبی هوای اتاق را در طی حالت کارکرد کاهش نمی‌دهند، می‌توانند توزیع مناسب هوا را در همه جای فضای داخلی

به وجود آورند.

۸-۴-۳ سیستم های چندمنطقه ای

سیستم‌های چندمنطقه‌ای نوعی از سیستم CAV هستند که برای هر یک از ناحیه‌ها، یک کانال اختصاصی از هواساز، هوا را تامین می‌کند. یک سیستم چندمنطقه‌ای توسط دمپرهای نواحی که در هواساز تعبیه شده، جریان هوای گرم و سرد را با توجه به سنسورهای هر منطقه مخلوط می‌نماید. سیستم‌های چندمنطقه‌ای، مزیت کنترل اولیه دما و قرار داشتن تجهیزات در هواساز سیستم مرکزی، به جای پخش بودن در ساختمان را دارند. به هر حال با وجود تعداد زیاد کانالهای منشعب شده از یک هواساز، داشتن فضای لازم برای توزیع هوا، اولین نگرانی است. تعداد زیاد کانال و سینی کابل و لوله کشی‌های یک مرکز درمانی و محدودیت‌های فضای عمودی موجود که با ترکیب معماری و سازه‌ای سازگار باشد، معمولا باعث می‌شود که این سیستم‌ها غیرعملی باشند.

۸-۴-۴ ملاحظات انتخاب چیدمان دمشی یا مکشی

در تعیین نوع سیستم هواساز برای مراکز درمانی، طراح برای آرایش فن نسبت به کویل سرمایی اغلب انتخاب دمش یا مکش را دارد. در یک آرایش مکشی، فن پس از کویل سرمایی (وگرمایی) قرار می‌گیرد و در آرایش دمشی این چیدمان برعکس است. در سیستم‌های دوکاناله و چندمنطقه‌ای، همیشه آرایش دمشی است. برای سایر سیستم‌ها از قبیل سیستمهای CAV و VAV تک‌کاناله، انتخاب آرایش مکشی در مقایسه با سیستم دمشی نیاز به در نظر گرفتن دقیق چندین عامل دارد که این عوامل می‌تواند بر عملکرد سیستم و مقبولیت آن اثر معکوس گذارد.

- **اثر سیستم**: آرایش‌های دمشی و مکشی می‌توانند "اثرات سیستمی" متفاوتی ایجاد کنند. همانطور که در بخش ۸-۳-۱۰ اشاره شد، چیدمان ضعیف ورودی و خروجی فن می-تواند باعث کاهش راندمان فن شود. بسیاری از سازندگان هواساز، عملکرد فن تولیدی را بر اساس فنی که در پلنوم هوای ورودی نصب شده است، طبقه‌بندی می‌کنند که هرگونه اثر منفی ناشی از پلنیوم در آن لحاظ گردیده است. در چنین مواردی، طراح به ارزیابی اثرات سیستمی اجزای بالادست جریان نیازی ندارد ولی در دستگاه‌های غیرکارخانه‌ای یا ساختارهای خاص، طراح باید اثرات سیستمی اجزای بالادست را مدنظر قرار دهد. در دستگاه با آرایش مکشی باید دقت شود که کویل به ورودی فن

نزدیک نباشد. حداقل فاصله بین کویل و بدنه فن، در فن‌های سانتریفوژ تک‌ورودی، مقدار نصف قطر پروانه و در فن‌های دارای دو ورودی، معادل با قطر پروانه پیشنهاد می‌شود. در یک آرایش دمشی، کویل پایین‌دستی، اگر خیلی نزدیک به خروجی فن نصب شود می‌تواند اثرات سیستمی منفی ایجاد نماید. علاوه بر کاهش راندمان، یک کویل که خیلی نزدیک به فن نصب شده، می‌تواند باعث توزیع نامناسب سرعت در سطح کویل، کاهش ظرفیت کویل و احتمال انتقال قطرات شود. در جایی که نمی‌توان کویل را در فاصله مناسب پس از فن قرار دارد، یک صفحه (بافل) سوراخدار پس از فن در فاصله حدود دو سوم فاصله فن از کویل قرار می‌دهند تا باعث توزیع بهتر هوا در سطح کویل گردد.

- **بازگرمایش توسط فن مکشی**: هوایی که کویل سرمایی را در هواساز ترک می‌کند اغلب بسیار به نقطه اشباع نزدیک است. در صورت وجود یک رطوبت‌زن نیز این حالت ممکن است بوجود بیاید، هرچند که به طور طبیعی کنترل‌ها، حد رطوبت نسبی جریان هوا را به ۸۵٪ محدود می‌کنند. عوامل مختلفی می‌تواند باعث تقطیر جریان هوای اشباع و در نتیجه خیس شدن تجهیزات پایین‌دست از قبیل کانالها، اتصالات و فیلترها شوند که این در رشد میکروب موثر است. بسیاری از طراحان، آرایش مکشی را انتخاب می‌کنند تا از مزیت گرمایش مجدد توسط انتالپی فن استفاده نموده که این باعث می‌شود جریان هوا تا چند درجه بالاتر از نقطه شبنم گرم شود. در آرایش دمشی نمی‌توان از این مزیت استفاده نمود و مرطوب شدن اجزای پایین دست می‌تواند موجب نگرانی باشد.
- **محل فیلتر نهایی**: در هر دو آرایش (دمشی و مکشی) اگر فیلتر نهایی خیلی به خروجی فن نزدیک باشد منجر به توزیع غیریکنواخت هوا در فیلتر شده و امکان آسیب دیدن فیلتر بر اثر فشار بالا وجود دارد ولی نگرانی اصلی، امکان مرطوب شدن فیلتر در جریان هوای اشباع در پایین دست کویل سرمایی یا رطوبت‌زن است. فیلترهای مرطوب به دلیل وجود رطوبت و آلودگی در کنار هم، محل مناسبی برای رشد میکروب هستند. سازندگان معتبر هواساز پیشنهاد می‌کنند که در آرایش دمشی، فیلتر نهایی پس از کویل سرمایی قرار نگیرد. این امر می‌تواند با آنچه در مقررات آمده متناقض باشد (مثلا راهنمای AIA). برای کاهش احتمال مرطوب شدن فیلتر، سرعت هوای روی کویل سرمایی باید به ۲/۳ متر در ثانیه محدود شود.

- **طراحی سیفون کویل سرمایی**: زمانی که فن در حال کار است، مسیر تخلیه کندانس کویل سرمایی بسته به نوع آرایش (مکشی یا دمشی) تحت فشار منفی یا مثبت قرار می‌گیرد. در شکلهای (۸-۱) و (۸-۲) طرح جزئیات سیفون در هر دو حالت ارائه شده است.
- **خلاصه نکات**: نکات کلیدی موثر بر آرایش هواساز شامل این موارد است:
  - مزایای آرایش مکشی: هواساز کوچکتر است. در این سیستم به شرط طراحی صحیح خروجی، فن کارایی بالاتری دارد. به دلیل یکنواخت بودن سرعت هوا روی کویل، میزان انتقال قطرات آب از کویل سرمایی کمتر است.
  - معایب آرایش مکشی: اختلاط هوای تازه و برگشتی ضعیف است که این باعث لایه لایه شدن دما و خطای پایشگر یخزدگی می‌شود. دمای هوا پس از کویل سرمایی در عبور از فن افزایش می‌یابد که اگر در محاسبات دیده نشده باشد اثر نامطلوب دارد.
  - مزایای آرایش دمشی: بار گرمایی که فن‌ها به جریان هوا اعمال می‌کنند توسط کویل سرمایی جذب می‌شود. فن به طور کامل جریان هوا را مخلوط می‌کند و از لایه لایه شدن هوا و خطای پایشگر یخزدگی جلوگیری می‌کند. قسمت کوچکتری از بدنه هواساز در معرض رطوبت بالا قرار دارد.
  - معایب آرایش دمشی: هواساز بزرگتر خواهد بود. برای پیشگیری از انتقال قطرات آب از کویل سرمایی باید سرعت هوا به حدود ۲/۳ متر در ثانیه محدود شود. طراحی این سیستم به دقت بیشتری نیاز دارد.

۸-۵ کانال کشی

۸-۵-۱ ملاحظات کلی طراحی

تعیین اندازه کانال‌کشی در مراکز درمانی می‌تواند با کمک دستنامه ASHRAE و SMACNA (انجمن ملی ورق‌کاران آمریکا) یا سایر مراجع معتبر و براساس یکی از روشهای متداول انجام شود.

دستنامه ASHRAE، پیشنهاداتی برای محدودیت‌های افت فشار و سرعت به همراه ملاحظات اقتصادی دارد. طراح باید توجه نماید که به دلیل الزامات سختگیرانه برای سطح صدا در مراکز درمانی، محدودیتهای سرعت در کانال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به دلیل وجود تعدد سیستمهای مورد نیاز مراکز درمانی، طراحی کانال باید با دقت و هماهنگ با تاسیسات برقی، لوله‌کشی، آتش‌نشانی، سازه و معماری و سایر سرویس‌ها و خدمات انجام

شود. معمولا طراحان برای مراکز درمانی، تاسیسات کانالی کاملا فلزی را توصیه می‌کنند، آسترکاری به جز در مواردی که کاهش انتقال صدا از کانال ضروری باشد، توصیه نمی-شود. سایر ملاحظات کانال‌کشی مراکز درمانی به شرح ذیل است:

- سازمانهایی مثل ASHRAE و SMACNA، دستنامههایی برای انتخاب اتصالات و تعیین افت فشار ارائه داده‌اند. سازندگان تجهیزات توزیع هوا مثل دیفیوزرها، صداگیرها، دمپرهای آتش و دریچه های ورود هوا معمولا افت فشار محصولات را ارائه می‌کنند ولی طراحان باید دقت کنند که افت فشارهای اعلامی و همچنین میزان صدا، معمولا با ورودی‌های ایده‌آل و با اتصالاتی که در ساختمانهای واقعی قابل اجرا نیستند محاسبه شده‌اند.
- طراح باید برای کانالهای رفت، برگشت و تخلیه، کلاس فشار کانال را تعیین کند تا نحوه اجرای کانال و درزبندی آن مطابق استاندارد SMACNA رعایت شود.
- در نقشه‌ها یا مشخصات ضمیمه آن باید اتصالات لازم برای آزمون و بالانس ذکر شود. طراح باید چیدمان کانال‌کشی را به نحوی تعیین کند که امکان ورود سنسور فشار در کانال اصلی و انشعابات فراهم شود.
- دریچه‌های دسترسی باید در نقاطی که نیاز به بازرسی و نگهداری دارند تعبیه شوند. دریچه‌ها شامل فریم و درزبندی مناسب باشد و هماهنگی لازم با طرح معماری برای اطمینان از اینکه دسترسی لازم از سقف به دریچه امکان پذیر است، انجام شود. دریچه-های دسترسی برای دمپرهای هود و آتش، در هر دو طرف کویل‌ها، برای رطوبت‌زن و برای هرجا که تمیزکاری آن توسط کارفرما یا مقررات تعیین شده، لحاظ گردد.
- هرجا که محدودیت‌های فیزیکی اجازه می‌دهد باید از زانویی‌های شعاع بلند استفاده شود تا افت فشار به حداقل برسد. از زانویی‌های چهارگوش که پره‌های هدایت کننده هوا دارند مخصوصا در کانالهای برگشت و تخلیه اجتناب شود چرا که باعث تجمع غبار و آلودگی شده و کارایی سیستم را کم می‌کند.
- استفاده از کانال انعطاف‌پذیر محدود شود چون افت فشار آن مخصوصا وقتی که به صورت مارپیچ یا خم باشد زیاد است و همچنین آسیب‌پذیر است. بیشتر طراحان حداکثر طول اتصالات انعطاف پذیر را به ۱/۵ تا ۲ متر محدود می‌کنند.

۸-۵-۲ سیستم تمام کانالی در مقابل سیستم برگشت پلنومی

بیشتر طراحان، سیستم برگشت تمام‌کانالی را در مراکز درمانی ترجیح می دهند به این دلیل که اصولا بهداشتی‌تر است. بسیاری از کدها استفاده از سیستم‌های برگشت تمام‌کانالی را لازم می دانند. سیستمهای تمام‌کانالی مشکلات سیستم پلنومی را ندارند، مثالهایی از این مشکلات عبارتند از؛ گرد و غبار، میکروب یا بوهایی که توسط مواد مرطوب ایجاد می‌شوند (به دلیل نشت لوله‌کشی، نشت بام، نشت کف در ساختمانهای چندطبقه)، فضولات جانوران و دود ناشی از سوختن عایق سیم یا دود ناشی از آتش سوزی.

پلنوم‌های بالای سقف مستعد آسیب دیدن در طی عملیات تعمیر و نگهداری هستنند که این ممکن است باعث نفوذ قارچ‌ها و آلرژی‌زاها به جریان هوا شود. به علاوه سیستم‌های تمام‌کانالی باعث کاهش تداخل صدای اتاقها می‌شود.

۸-۵-۳ تمیز کردن کانال

کانال‌کشی، گرد وغبار و رسوبات را در خود جمع کرده و می‌تواند به دلیل رشد میکروب در آن آلوده شود. وسعت این مشکل بستگی به سطوح تصفیه، تعمیر و نگهداری سیستم تهویه، موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و ... دارد. مطالعات جدید علمی نشان می‌دهد که غبار انباشته شده در سیستم کانال‌کشی باعث افزایش شکایت بیماران و مشکلاتی مثل خارش چشم، سرفه و واکنش آلرژیک می‌گردد. همچنین مطالعات بسیاری در خصوص شیوع عفونت در مراکز درمانی انجام شده که رشد میکروبی در کانال‌کشی یا هواساز علت آن بوده است. علاوه بر این، وجود گرد و غبار زیاد در کانال‌کشی، کارایی سیستم هوایی را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. فرایند تمیزکاری مستلزم دسترسی به داخل کانال است و می‌تواند توسط برس زدن، جاروبرقی و شستشو با هوا یا بخار انجام می‌شود. همچنین ممکن است از میکروب‌کش‌ها نیز استفاده شود. تاثیر تمیزکاری کانال در کاهش شیوع عفونت بیمارستانی جای سوال دارد. انجام فرایند تمیزکاری بدون هماهنگی دقیق با کادر بیمارستان می تواند سطح آلودگی در مراکز درمانی را افزایش دهد.

مطالعات نشان می‌دهد که غبار موجود در کانالها حاوی مقادیر زیادی از مواد ارگانیک مثل موی حیوان و انسان، تکه های پوست، هاگ قارچ، حشرات و مواد گیاهی است. این مواد می تواند بستری برای رشد میکروب مهیا کند و همچنین خودشان نیز باعث ایجاد حساسیت در افراد شوند. در کانالهای بدون فیلتر مثل کانال برگشت و کانال تخلیه، تجمع گرد و غبار به مراتب بیشتر است، مخصوصا در نقاطی که جریان هوا به شدت با آن برخورد می‌کند یا

در آن جریان گردابی شدید ایجاد می‌شود (مثل پلنیوم فن، زانویی، پره‌های تغییر جهت و دمپرها). مشخص است که تمیزکاری کانال می‌تواند باعث انتشار مقدار زیادی از ذرات هوابرد و مواد شیمیایی در محیط عمومی بیمارستان شود. هرچند که روشهای استاندارد تمیزکاری، کانال در حال تمیز کردن را تحت فشار منفی قرار می‌دهند ولی به دلیل عدم دقت در حفظ فشار منفی، محیط اطراف ممکن است آلوده شود. واضح است که افزایش میزان ذرات هوابرد از جمله میکروب‌های فرصت طلب مثل آسپرژیلوس که عضو لاینفک گرد و غبار ساختمانی است، باعث افزایش خطر شیوع عفونت در بیمارستان‌ها به خصوص در بخشهای خاص می‌شود. استفاده از مواد شیمیایی برای تمیزکاری مخصوصا وقتی که صحیح استفاده نشوند می‌تواند باعث تاثیر منفی روی سلامت باشند. بررسی‌ها نشان می-دهد که در طی عملیات تمیزکاری و ضدعفونی کانال، شیوع آلاینده‌ها بیشتر می‌شود. به همین دلیل برخی از محققان و انجمنها به شدت معتقدند که کار تمیزکاری باید از قبل و با دقت با کادر بیمارستان هماهنگ شود و این کار مطابق روش استاندارد انجام و همه محدودیتهای ضروری و مراقبتهای لازم نیز انجام پذیرد.

برای تسهیل در تمیزکاری کانال، طراحان باید در طول کانال اصلی و در نقاطی که احتمال تجمع گرد و غبار بیشتر است، دریچه های مناسب و کافی تعبیه کنند و از آسترکاری داخل کانال یا استفاده از کانال فایبرگلاس اجتناب کنند.

برای فضاهایی نگهداری بیمار، به خصوص برای بیمارانی که داری مشکل ایمنی هستند، غبارروبی باید فقط در مواردی انجام شود که آلاینده‌ها زیاد هستند و باید با استفاده از روشهای دقیق و لحاظ کردن تمام روشهای حفاظتی و تفکیکی و همکاری دوطرفه کادر بیمارستان و پیمانکار انجام شود.

۸-۶ واحدهای پایانه

واحد پایانه[۱] ابزار کنترلی است که بین سیستم کانال‌کشی و سیستم توزیع هوای اتاق نصب می‌شود. بسته به کاربری، این واحدها می‌توانند حجم‌ثابت، حجم‌متغیر، فن‌دار با یا بدون بازگرمایش باشند. واحدهای پایانه به دو گروه عمده تقسیم می شوند: حجم‌ثابت و حجم‌متغیر. یک واحد پایانه زمانی حجم‌متغیر درنظر گرفته می‌شود که دبی جریان هوا به

---

[۱] Terminal Unit

داخل فضا تغییر کند. اگر سیستم حجم‌متغیر انتخاب شود، طراح باید مطمئن شود که حداقل جریان هوای خروجی از واحد، الزامات تامین هوای تازه را برآورده نماید. دبی جریان هوا در واحدهای پایانه حجم‌ثابت، مقداری ثابت خواهد بود.

۸-۶-۱ واحد پایانه حجم ثابت

پایانه‌های حجم‌ثابت به سیستم فن حجم‌ثابت متصل می‌شوند که چند ناحیه را تحت پوشش قرار می‌دهد. هوای رفت به اندازه‌ای سرد می‌شود تا بتواند ناحیه‌ای که بیشترین بار سرمایی را دارد تحت پوشش قرار بدهد و سپس هوایی که به نواحی دیگر انتقال داده می‌شود توسط کویلهای گرمایی (آب گرم، بخار یا الکتریکی) که در پایانه نواحی نصب شده اند، بازگرم می‌شود.

۸-۶-۲ واحد پایانه حجم متغیر

این نوع پایانه، دارای یک دمپر ورودی است که دبی جریان هوا را کنترل می‌کند. برای فضاهایی که نیاز به گرمایش دارند یک کویل بازگرمایش، در خروجی پایانه نصب می‌شود. هنگامی که دما در این فضا به زیر نقطه مطلوب افت کند، دمپر بسته شده و جریان هوا را کاهش می‌دهد. وقتی که جریان هوا به حداقل میزان مشخص برسد، شیر کویل بازگرمایش شروع به باز شدن می‌کند.

سیستم های VAV تک‌کاناله که برای تمام نواحی یا هوای گرم ارسال می‌کنند یا هوای سرد، کاربری بسیار محدودی دارند. همچنین در مواقعی که برخی نواحی که از یک هواساز تغذیه می‌شوند نیاز به گرمایش دارند و سایر نواحی نیاز به سرمایش، نمی‌توان از این نوع سیستم استفاده کرد.

۸-۶-۳ واحدهای پایانه با مسیر بای پس

واحد پایانه با مسیر بای‌پس، دمپری دارد که بخشی از هوای رفت را به پلنیوم برگشت می‌فرستد. دمپری که این کار را انجام می‌دهد، توسط دمای داخل فضا کنترل می‌شود. وقتی که دما در فضای داخل به زیر نقطه مطلوب افت کند، دمپر بای‌پس شروع به باز شدن می‌کند تا میزان هوای ورودی به فضا را کاهش دهد. وقتی که بای‌پس به طور کامل باز شد، شیر کنترل کویل بازگرمایش در صورت نیاز باز می‌شود تا دمای اتاق حفظ شود. در مسیر بای‌پس، یک دمپر بالانس دستی برای تنظیم اختلاف فشار در دهش کانال نصب می‌شود. در این روش، هوا از سیستم اولیه در یک حجم ثابت تامین می‌شود. حداکثر جریان هوا در مسیر

بای‌پس باید به منظور حفظ حداقل جریان هوای تازه موردنیاز، محدود شود.

۸-۶-۴ واحد پایانه فن دار

این نوع از واحد پایانه دارای فنی است که حجم ثابتی از هوا را برای فضا تامین می‌کند. این سیستم، توزیع هوا در فضا را بهبود بخشیده و با استفاده از یک کویل بازگرمایش می‌تواند زمانی که سیستم اصلی خاموش است دمای فضا را حفظ کند. فن می‌تواند هوا را از پلنوم برگشت بگیرد و کمبود هوای رفت را جبران نماید. زمانی که دمای فضا به کمتر از نقطه مطلوب کاهش یابد، دمپر هوای ورودی به تدریج بسته شده و فن، هوای بیشتری را از پلنوم برگشت می‌گیرد. برخی از مراجع، اجازه استفاده از این واحدها را در مراکز درمانی نمی‌دهند زیرا امکان شیوع آلاینده ها وجود دارد.

۸-۶-۵ واحد پایانه حجم ثابت دوکاناله

در این نوع پایانه دمپر هوای گرم و دمپر هوای سرد به نحوی به یکدیگر متصل شده‌اند که در جهت عکس یکدیگر عمل نمایند. یک ترموستات اتاقی وضعیت این دمپرهای اختلاط را تعیین کرده و باعث اختلاط هوای گرم و سرد می‌شود. حجم هوای خروجی بستگی به فشار استاتیک کانال‌ها در آن نقطه دارد.

۸-۶-۶ واحد پایانه حجم متغیر دوکاناله

این نوع واحد پایانه دارای دو دمپر، یکی در ورودی هوای گرم و دیگری در ورودی هوای سرد است که به صورت معکوس یکدیگر عمل می‌کنند و معمولا مجهز به موتور هستند. یک سنسور در خروجی قرار دارد که دبی کل جریان هوا را پایش می‌کند. ترموستات اتاقی، مستقیما دمپرهای اختلاط هوای ورودی را کنترل کرده و کنترل‌کننده دبی جریان هوا، دمپرها را تنظیم می‌کند.

۸-۷ توزیع هوا در فضاهای داخلی

در مورد اماکن درمانی، برای طراحی توزیع هوا در اتاق، دو رویکرد متفاوت وجود دارد: ۱) رویکردی که کنترل نحوه حرکت هوا در اتاق را در اولویت قرار می‌دهد. ۲) رویکردی که آسایش حرارتی را در اولویت قرار می‌دهد. رویکرد اول که گاهی اوقات با جریان آرام یا

جریان پلاگ معرفی می‌شود، معمولا در فضاهایی مانند اتاق جراحی و اتاق ایزوله استفاده می‌شود که احتمال شیوع عفونت بالا است. هدف، محدود کردن میزان آشفتگی هوا و رسیدن به یکنواختی جهت‌دار از نواحی تمیز به آلوده است. کاربری و راندمان نسبی سیستم‌های جریان پلاگ با جزئیات بیشتر در فصل ۱۰ مورد بحث قرار گرفته است. این بخش به رویکرد رایج که به حداکثر رساندن آسایش حرارتی و تعویض هواست، می‌پردازد.

۸-۷-۱ اهمیت توزیع مناسب هوا

آسایش حرارتی از اهمیت خاصی در اماکن درمانی برخوردار است. در اتاقهای معاینه و درمان و آزمایش و همچنین در اتاقهای استراحت، بیماران اغلب لباسهای یکسره می‌پوشند که به اندازه کافی بلند نیست و گاهی نیز بیماران در دوره‌های طولانی، بدون لباس هستند. برای بیماری‌های حاد یا بیماران صدمه‌دیده، استرس ناشی از عدم آسایش حرارتی باعث به تاخیر افتادن بهبودی می‌گردد. معیارهای مربوط به حداکثر و حداقل دمای فضا در مراجع و دستنامهها ارائه می‌شود ولی آسایش حرارتی نه تنها تابع دمای هوا بلکه تابع عوامل دیگری مثل رطوبت نسبی، جابجایی هوا، نوع پوشش افراد و متابولیسم آنها نیز هست. بنابراین اگر سیستم تهویه مطبوع به خوبی طراحی نشود می‌تواند آسایش حرارتی را تحت تاثیر قرار دهد. سیستم توزیع هوا علاوه بر تهویه مناسب اتاق، در توزیع مناسب هوای تازه در فضا و کاهش غلظت آلاینده‌ها نیز موثر است.

۸-۷-۲ عملکرد سیستم

همانطور که در بالا اشاره شد احساس افراد در مورد آسایش حرارتی از چند عامل از جمله درجه حرارت تاثیر می‌پذیرد. عدم آسایش می‌تواند ناشی از فقدان تهویه یکنواخت یا نوسان زیاد تهویه در فضا باشد. ایجاد کوران موضعی روی قسمتهای مختلف بدن یا تغییرات کوچک دمای هوا روی بدن می‌تواند باعث ایجاد احساس عدم آسایش شود. یک طراحی خوب مستلزم توجه دقیق به نوع و محل قرارگیری دریچه‌های هوای اتاق با توجه به هندسه اتاق و دبی حجمی جریان هوا و اختلاف دمای هوای رفت و دمای هوای اتاق است.

جابجایی هوا در اتاق، تابعی از هوای ورودی (رفت) که توسط دیفیوزر تحویل اتاق می‌شود و همچنین حرکت هوای اتاق تحت تاثیر هوای ورودی است. اگر مشخصات مربوط به نوع دیفیوزر و پرتاب هوا به خوبی انتخاب شوند، ترکیب جریان هوای اولیه و جریان هوای اتاق باعث توزیع مناسب هوا در تمام فضا شده و از تولید کوران و سکون در جریان هوا و

عدم آسایش پیشگیری می‌کند. یک شاخص مهم برای عملکرد سیستم که بسیار مورد استفاده طراحان قرار می‌گیرد و ارتباط آسایش حرارتی فضا در حالت سرمایش را با دمای اتاق و جابجایی هوا مشخص می‌کند، شاخص عملکرد انتشار هوا "ADPI" است. هرچه این شاخص بیشتر باشد سطح آسایش حرارتی بالاتر است. ADPI بزرگتر از ۸۰٪ برای فضاهای مختلف قابل قبول است. از دیدگاه تعویض هوا، یک سیستم موفق سیستمی است که هوای تازه را به طور مناسب در کل فضا منتشر کند. یک شاخص برای ارزیابی تعویض هوای موثر، راندمان تعویض هوا (ACE) است. سیستم هایی که با ADPI بالا طراحی شده‌اند دارای ACE بالایی نیز هستند.

۸-۷-۳ راندمان توزیع هوا

راندمان دیفیوزر توسط میزان "پرتاب" مشخص می‌شود که برابر است با فاصله افقی که دیفیوزر می تواند یک جریان ایزوترمال هوا (یعنی هوای رفت که هم دما با هوای اتاق باشد) را پرتاب کند تا به سرعت ۰/۲۵ متر بر ثانیه برسد. راندمان پرتاب برای مدلهای مختلف دیفیوزرها توسط سازندگان در کاتالوگ ارائه می‌شود. توانایی دیفیوزر در جابجایی مناسب هوا در اتاق به راندمان پرتاب آن، ابعاد و مشخصات اتاق و تفاوت دما بین هوای خروجی از دیفیوزر و هوای اتاق بستگی دارد. وقتی که دمای هوای ورودی به اتاق بالاتر از دمای اتاق باشد (حالت گرمایش)، پرتاب کاهش می‌یابد و وقتی که دمای هوای ورودی سردتر باشد، افزایش می‌یابد. همچنین در سیستم VAV زمانی که در واکنش به کاهش بار اتاق، جریان هوا کاهش می یابد، پرتاب نیز کم می‌شود.

دیفیوزرهای سقفی یا نزدیک به سقف به دلیل ویژگی‌های پرتاب و قرار گرفتنشان در سقف یا کنج بالای دیوار، در اماکن درمانی مفیدتر بوده و استفاده از آنها نسبت به سایر انواع دیفیوزرها توصیه می‌شود.

۸-۸ ملاحظات آکوستیکی

اماکن درمانی نیاز به دقت در طراحی آکوستیکی به منظور کنترل سطح صدای پس‌زمینه و حفظ حریم خصوصی دارند. سطح بالای صدا می‌تواند برای کارهای درمانی از جمله اتاق ICU نوزادان مضر باشد، چون نوزادان به صدای پس‌زمینه بسیار حساس هستند. سر و صدای زیاد با گفتگو تداخل می‌یابد و باعث سردرگمی می‌شود. طراحی ضعیف سیستم

برگشت یا تخلیه می‌تواند منجر به انتقال صحبت‌های محرمانه پزشک با بیمار یا نقض سایر ملاحظات خصوصی بین فضاهای مرتبط شود.

۸-۸-۱ محدودیت های صدا در فضاهای داخلی

حداکثر صدای پس‌زمینه مجاز برای بسیاری از فضاها در مراکز درمانی، با استفاده از منحنی‌های معیار اتاق (RC) یا معیار صدا (NC) به دست می‌آیند. سیستم‌های هواسازی که طراحی ضعیفی دارند ممکن است صدای شدید را که توسط تجهیزات ایجاد شده (مثل واحدهای پایانه یا فن‌ها) از طریق کانال به فضاهای داخلی انتقال دهند. سر و صدای زیاد در اتاق ممکن است ناشی ار سرعت بالای هوا در کانال، اتصالات، دیفیوزرها یا در فضاهای تنگ (مثل زیر در) باشد.

۸-۸-۲ فن های سیستم هواساز

فن‌های سیستم هواساز (رفت، برگشت و تخلیه) منبع دائمی صدا هستند و به ملاحظه دقیق در طراحی نیاز دارند. به منظور جلوگیری از انتقال صدا، لازم است اتاق فن‌ها را به دور از فضاهای حساس به صدا قرار دهیم یا به مشخصات میرایی (تضعیف صدا) دیوارهای اتاق، کف و سقف توجه کنیم. صدای فن می‌تواند از طریق سیستم کانال‌کشی به فضاهای داخلی منتقل شده و از طریق پلنوم سقف به داخل فضا سرایت کند. صدای فن همچنین ممکن است مستقیما از طریق سیستم کانال‌کشی منتقل شود که احتمالا نیازمند بالا بردن ضریب میرایی کانال (برای مثال استفاده از زانوهای اضافه)، عایق بندی صوتی کانال یا میرا کننده پیش‌ساخته خواهد بود. طراحان باید سطح صدای فن‌ها را محاسبه کنند تا بتوانند نیاز به میرایی پایین‌دست را تخمین بزنند. بر این اساس، طراح باید بیشینه سطح صدای خروجی را در اسناد طراحی مشخص کرده و مشخصات آکوستیکی را طوری فراهم کنند که سرایت سر و صدا به فضاهای داخلی محدود شود.

۸-۸-۳ تولید صدا در سیستم کانال کشی

با کم کردن سرعت هوا در کانال می‌توان از تولید صدا در آن پیشگیری کرد. در صورت نیاز به اطلاعات اضافی، دستنامه ASHRAE رهنمودهایی برای محدودیت‌های سرعت در کانال های گرد و چهارگوش که در بالای سقف‌ها، در رایزر ها یا در فضاهای اشغال شده قرار می گیرند، ارائه می دهد.

۸-۸-۴ واحد های پایانه VAV

واحدهای پایانه VAV می‌توانند در صورت انتخاب نامناسب و قرار گرفتن در معرض فشار استاتیک بیشتر از پیش‌بینی طراح، سر و صدای بسیاری تولید کنند. اندازه واحدهای VAV باید بر اساس دبی واقعی جریان و با در نظر گرفتن مشخصات صدای آن‌ها در حالتی که در معرض فشار استاتیک بالا قرار می‌گیرند، انتخاب شود.

۸-۸-۵ نصب صحیح تجهیزات

اطلاعات مربوط به عملکرد صوتی تجهیزات که توسط سازندگان ارائه می‌شوند برمبنای شرایط مشخص کانال‌کشی بالادست یا چیدمان اتصالات است. برای مثال، دیفیوزرها ممکن است در شرایطی که کانال متصل به آنها به اندازه کافی مستقیم نباشد یا مسدود باشد صدای به مراتب بیشتری از مقادیر موجود در کاتالوگ، تولید کنند. طراحان باید جزییات و دستورالعمل های نصب را ارائه کنند و همچنین بررسی کنند که آیا شرایط فیزیکی موجود اجازه نصب مناسب این تجهیزات را می‌دهد.

۸-۸-۶ موقعیت دمپرها

دمپرهای بالانس دستی نصب شده در خروجی‌های کانال باید تا حدی دور از دیفیوزر یا دریچه قرار بگیرد تا به کانال و اتصالات پایین‌دست این اجازه را بدهد که صدای تولید شده توسط عبور جریان هوا از میان دمپر را کاهش دهد.

۸-۹ سیستم های دسیکنت

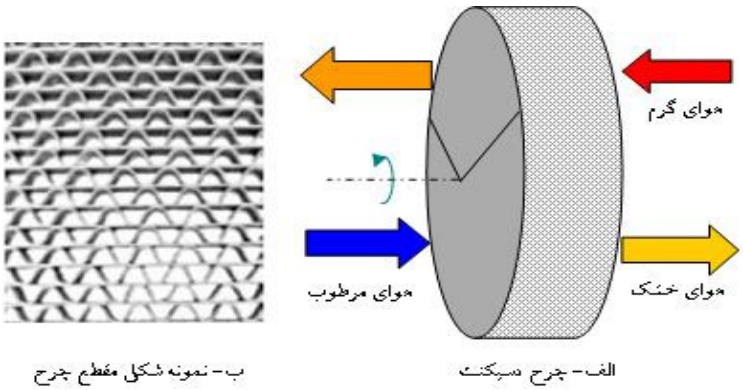
این سیستمها در ایران هنوز شناخته شده نیستند و مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. در کاربردهای درمانی که در آن باید مقادیر زیاد هوای مرطوب بیرون استفاده شود، یک سیستم دسیکنت می‌تواند جایگزینی برای روش‌های سنتی رطوبت‌زدایی (با سرد کردن هوای رفت تا دمای اشباع) ارائه دهد. زمانی که هوا از ماده جاذب عبور می کند، دسیکنت، آب را از هوا به صورت بخار (نه به صورت مایع در روش های سنتی) خارج می‌کند. هوای مرطوب، فشار بخار آب بالایی دارد در حالی که ماده جاذب فشار بخار کمی دارد، به خاطر این اختلاف فشار، ملکول‌های آب از هوای مرطوب به سمت دسیکنت جذب می‌شوند.

در چنین سیستم‌هایی، دسیکنت به شکل چرخ و ساختار آن به صورت یک شبکه لانه-

زنبوری (شش گوش) یا مثلثی است. دو جریان هوا مطابق شکل(۸-٤) از هم جدا می شوند. چرخ دسیکنت به آرامی (٦ تا ۲۰ دور بر ساعت) بین این دو جریان هوا می چرخد. جریان هوای مرطوب ورودی، هوای فرآیند نامیده می شود. جبهه هوای دوم، هوای احیا است. وقتی چرخ می‌چرخد، ماده جاذب، رطوبت را از هوای ورودی مرطوب جذب می‌کند تا جایی که تقریبا اشباع شود. برای احیای دوباره ماده جاذب، چرخ به چرخش ادامه می‌دهد و هوای دوم (احیا) را وارد می کند. هوای احیا، پیش‌گرم شده است. هوای گرم احیا، ماده جاذب اشباع را گرم کرده و با جذب رطوبت، آن را خشک می‌کند.

سیستم دسیکنت با هوای احیای گرم، دسیکنت فعال نامیده می‌شود که این نام‌گذاری آن را از چرخ‌های دسیکنت غیر فعال (که از هوای خشک تخلیه ساختمان به جای هوای گرم برای احیا استفاده می‌کنند) متمایز می‌کند. چرخ‌های دسیکنت غیر فعال رطوبت بسیار کمتری را خارج می‌کنند اما انرژی کمتری نیز نسبت به دسیکنت‌های فعال مصرف می‌کنند.

بعضی اوقات چرخ دسیکنت فقط بخش کوچکی از هوای رفت را خشک می‌کند. دسیکنت-های فعال، هوا را خیلی خشک می‌کنند، بنابراین مقدار کمی از هوای بسیار خشک شده، رطوبت را به خوبی دفع می‌کند ضمن این که اندازه و قیمت سیستم دسیکنت نیز کاهش می-یابد.



شکل۸-٤ یک چرخ دسیکنت متداول

چرخ‌های دسیکنت همچنین برای انتقال انرژی بین دو جریان هوا مورد استفاده قرار می-گیرند (برای مثال بین هوای بیرون و هوای تخلیه). در این کاربرد، وسیله را چرخ انرژی می-نامند. در اماکن بیمارستانی باید با احتیاط از این سیستمها استفاده شود و مراقب بود تا بین دو جریان هوا انتقال آلودگی رخ ندهد.

۹ کنترل ها و کاربرد ابزار دقیق

۹-۱ مقدمه

این بخش ویژگی و اجزاء سیستم‌های کنترل خودکار را برای سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مراکز درمانی تشریح می‌کند. کنترل‌ها، یک بخش ضروری از سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع هستند. این تجهیزات، یک محیط راحت و امن را برای بیماران مهیا می‌کنند؛ در کنترل عفونت برای بیماران، پرسنل و عیادت‌کنندگان نقش دارند؛ مصرف و هزینه انرژی را بهینه می‌کنند؛ راندمان کاری کارکنان را بهبود می‌بخشند؛ دود را در حوادث آتش‌سوزی کنترل می‌کنند و امکان خنک‌کاری تجهیزات خاص بیمارستانی را فراهم می‌کنند. کنترل‌ها برای کار مناسب و کارآمد تاسیسات مرکزی و سیستم‌های توزیع تاسیساتی ضروری هستند. در واقع، کنترل‌های خودکار برای حفظ نقطه تنظیم متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرند تا هنگامی که عوامل مختلف منجر به ایجاد تغییر در آن متغیر شد، آن را مجددا تنظیم کنند. در سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع به طور معمول متغیرهای کنترل شده عبارتند از فشار، دما، رطوبت و دبی جریان هوا. به طور مثال، یکی از مهم‌ترین تغییرات در ویرایش جدید دستنامه AIA، نیاز به وجود حداقل اختلاف فشار استاتیک ۲/۵ Pa در اتاق‌های ایزوله عفونت هوابرد، اتاق‌های جراحی سیستوسکوپی، اتاق-های برونچسکوپی و اتاق‌های کالبدشکافی است.

مزایای یک سیستم کنترل به همراه مانیتورینگ به شرح زیر است:

- کنترل مداوم فضا برای ایمنی کارمندان بیمارستان و حفاظت فضاهای مربوط به نگهداری و درمان بیماران و فضاهای مجاور.

- هشدار سریع به پرسنل بیمارستان در صورتی که فشار نسبی به هم خورده است.
- هشدارهای صوتی و تصویری که به طور محلی و/یا کنترل از راه دور قابل دسترس هستند وقتی که اتاق خارج از محدوده های که کاربر تعریف کرده است، قرار گیرد.
- هشدارها با تاخیرهای زمانی قابل تنظیم که توسط کاربر تعریف می‌شود، تا از هشدارهای اشتباه که از طریق تغییرات آنی در شرایط به وجود آمده‌اند، جلوگیری شود.
- جمع‌آوری داده‌های الکترونیکی در مراکز برای راهبردهای کنترل بیماری.
- حذف الزام مربوط به بررسی روزانه دود اگر اتاق توسط بیمار ریوی اشغال شده باشد.

۹-۲ ویژگی ها و مشخصات روش های کنترل

۹-۲-۱ سیستم های کنترل نئوماتیک

سیستم های کنترل نئوماتیک از هوای فشرده برای کار کردن فعال‌کننده‌ها[۱]، سنسورها، رله‌ها و سایر تجهیزات کنترل استفاده می‌کنند. کنترل‌های نئوماتیکی:

- معمولا تناسبی (تدریجی) هستند.
- به هوای خشک تمیز نیاز دارند.
- غیر قابل انفجارند.
- فعال‌کننده‌های ساده، قوی، کم‌هزینه و مطمئن برای شیرها و دمپرها دارند.
- معمولا برای کنترل تجهیزات ساده استفاده می‌شوند.
- ساده‌ترین ابزار کنترلی به روش تناسبی (تدریجی) هستند.

۹-۲-۲ سیستم های کنترل الکتریکی

کنترل‌های الکتریکی شامل فعال‌کننده‌های شیر/دمپر، کنترل‌کننده‌های دما/ فشار/رطوبت، رله‌ها، راه‌انداز موتور و کنتاکتور هستند. بسته به نیاز، از طریق ولتاژ اصلی یا ولتاژ پایین کار می‌کنند. کنترل‌کننده‌ها و فعال‌کننده‌ها برای کنترل دو وضعیت (مانند خاموش/روشن)، تناسبی، مشتقی یا آنالوگ سیم‌کشی می‌شوند. کنترل های الکتریکی:

- بیشتر برای کنترل ساده خاموش/روشن استفاده می‌شوند.
- از کنترل‌کننده/سنسور یکپارچه استفاده می‌کنند.
- مراحل کنترلی ساده‌ای دارند.

---

[۱] Actuators

- قابلیت کار در محدودیت‌های وسیع محیطی را دارند.
- می‌توانند فعال‌کننده‌های تدریجی پیچیده را به کار گیرند.

۹-۲-۳ سیستم های کنترل الکترونیک

در یک سیستم کنترل الکترونیک، سیگنال سنسور آنالوگ، تقویت شده و سپس با نقطه تنظیمی، مقایسه (از طریق مقایسه ولتاژ یا جریان به وسیله مدارهای کنترلی) می‌شود، تا فعال‌کننده‌ها عمل کنند.

سیستم های کنترل الکترونیک:

- کنترل دقیقی ارائه می‌دهند.
- قابلیت تکرار بالایی داشته و قابل اطمینان هستند.
- سنسور می‌تواند در فواصل ۱ تا ۹۰ متر از کنترل‌کننده قرار گیرد.
- امکان تنظیم ساده و از راه دور نقطه تنظیم را فراهم می‌کند.
- دارای محدوده کاملی از فعال‌کننده‌ها و کنترل‌کننده‌ها است.

۹-۲-۴ کنترل به کمک ریزپردازنده یا کنترل دیجیتال مستقیم (DDC)

در یک سیستم مبتنی بر ریزپردازنده، ورودی سنسور به شکل دیجیتالی تبدیل شده و الگوریتم‌های تعریف شده، فرآیند مقایسه و کنترل را انجام می‌دهند. کنترل‌کننده‌های مبتنی بر ریزپردازنده می‌توانند به تنهایی یا به عنوان بخشی از سیستم مدیریت ساختمان (BMS) بکار گرفته شوند که از یک کامپیوتر به عنوان میزبان برای عملیات نظارت و کنترل استفاده می‌کنند. کنترل‌های مبتنی بر ریزپردازنده:

- کنترل دقیق ارائه می‌دهند.
- کنترل پیشرفته ارائه می‌دهند (تناسبی و ...).
- با سیستم‌های مدیریت ساختمان (BMS) هماهنگ هستند.
- قادر به اجرای مراحل پیچیده کنترلی هستند.
- به سادگی نقطه تنظیم را از راه دور کنترل کرده و نمایش می‌دهند.
- می‌توانند از فعال‌کننده‌های نئوماتیکی استفاده کنند.

۹-۲-۵ سیستم کامپیوتری مدیریت ساختمان

این سیستم در ایران چندان مورد استفاده قرار نمی‌گیرد با این وجود توصیه می‌شود که طراحی سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع به گونه‌ای باشد که امکان اتصال آنها به سیستم مدیریت ساختمان وجود داشته باشد. هدف از سیستم مدیریت ساختمان (BMS) ساده‌سازی و متمرکز کردن نظارت، کنترل بر عملکرد و مدیریت ساختمان است. عملکرد سیستم BMS در مراکز درمانی شامل کنترل شرایط محیطی، سیستم‌ها و دستگاه‌ها، زنگ هشدار و گزارش خطا به صورت مرکزی، کنترل متمرکز مصرف انرژی و هزینه سیستم‌های پر مصرف، بررسی داده ها، بایگانی سوابق، پشتیبانی از برنامه های مدیریت تعمیر و نگهداری، زنگ هشدار آتش‌سوزی، کنترل امنیت، کنترل روشنایی و فعال‌سازی سیستم ژنراتور برق اضطراری است.

سیستم BMS، امکان دنبال کردن پارامترها و شرایط مختلف سیستم کنترلی مانند دمای هوای رفت، دمای هوای مخلوط‌شده و موقعیت شیر یا دمپر را فراهم می‌کند. اطلاعات به دست آمده می‌توانند در رفع نقص، حل مشکلات، مستندسازی سیستم و برای فعالیت کارآمد آن، بسیار ارزشمند باشد. پارامترهای اصلی می‌توانند به آسانی کنترل شده و اگر از محدوده خاصی خارج شدند، پیام هشدار دهند.

با استفاده از سیستم متمرکز، این امکان به وجود می‌آید که پارامترها به صورت سراسری و یکپارچه تعریف شده و لذا استراتژی‌های ایجاد آسایش و مصرف انرژی بهینه شوند. بدین ترتیب تجهیزات با هزینه حداقل کار کرده و دماها برای رسیدن به حداکثر راندمان کنترل می‌شوند. بارها سطح‌بندی شده و تقاضا با توجه به شرایط تاسیسات مرکزی متناسب با تقاضای هواساز، کنترل می‌شود.

۹-۳ کنترل سیستم تنظیم فشار و تامین هوای تازه

۹-۳-۱ معیار تنظیم فشار

به طور معمول، دو معیار تنظیم فشار در طراحی مراکز درمانی مورد استفاده قرار می-گیرند: معیار دبی حجمی جریان (VFR) و معیار اختلاف فشار اتاق (RDP).

معیار VFR: تنظیم فشاری که برای یک اتاق خاص بیمارستان نیاز است، معمولا به وسیله ایجاد اختلاف در دبی حجمی هوای رفت، برگشت و تخلیه انجام می‌شود. در معیار طراحی VFR، تنها دبی حجمی جریان رفت، برگشت و تخلیه مد نظر قرار می گیرد. یک اتاق فشارمثبت در نظر گرفته می‌شود اگر دبی حجمی جریان هوای رفت اتاق در مقایسه با

مجموع دبی حجمی جریان هوای برگشت و تخلیه بیشتر باشد. یک اتاق فشارمنفی است اگر دبی حجمی هوای رفت از مجموع هوای برگشت و تخلیه کمتر باشد. بسیاری از اتاق‌های بیمارستانی تنها با استفاده از معیار VFR برای تنظیم فشار طراحی شده‌اند. اگر یک اتاق یا سیستم دارای جریان هوای ثابت (CAV) باشد، بنابراین دبی حجمی جریان لازم برای تنظیم فشار اتاق، در هنگام تست و بالانس اولیه سیستم، تنظیم و تثبیت می‌شود. این معیار قابل اعتمادترین روش کنترل فشار اتاق است.

اگر حجم هوای متغیر (VAV) در نواحی که اختلاف فشار نسبی بین اتاق ها لازم است، مورد استفاده قرار گیرد باید روابط اختلاف دبی هوای رفت، برگشت و تخلیه در همه تنظیمات VAV حفظ شود.

معیار RDP: یکی از تغییرات قابل توجه در ویرایش جدید دستنامه AIA، نیاز به وجود حداقل اختلاف فشار ۲/۵ Pa برای اتاق‌های ایزوله، اتاق‌های جراحی سیستوسکوپی، برونچسکوپی و اتاق‌های کالبدشکافی است. به علاوه در جاهایی که نیاز به مثبت یا منفی کردن فشار یک اتاق وجود دارد، فشار باید در تمام اوقات مثبت یا منفی حفظ شود. وقتی که معیار RDP به عنوان مبنای طراحی در نظر گرفته شود، توجه به تاثیر عوامل ثانویه مانند اثر دودکشی، فشار باد، اختلاف فشار اتاق و به خصوص نشت از دیوارها، سقف و کف ضروری است. بخش ۹-٤ را برای معیار RDP ببینید.

۹-۳-۲ جعبه حجم متغیر یا ثابت

جعبه‌های حجم‌متغیر و/یا حجم‌ثابت اغلب در سیستم‌های توزیع بیمارستان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند تا اندازه کانال توزیع را به واسطه استفاده از یک سیستم کانال‌کشی با فشار متوسط کاهش داده و به طور دقیق دبی جریان هوای اتاق را کنترل کنند. این جعبه-ها می‌توانند به روش نئوماتیکی، الکتریکی یا دیجیتالی کنترل شوند و به طور طبیعی مستقل از فشار هستند. (یعنی صرف نظر از میزان فشار کانال،دبی حجمی مشخصی را ارائه می-کنند.) توصیف دقیق‌تر سیستم های توزیع کانالی در فصل ۸ ارئه شده است.

۹-۳-۳ حداقل تعویض هوای بیرون با استفاده از پایانه های حجم متغیر و یک اکونومایزر

اگر جعبه‌های حجم‌متغیر مورد استفاده قرار می‌گیرند، کنترل‌ها باید برای حفظ حداقل

تعویض هوای بیرون تنظیم شوند. این از نسبت هوای بیرون به هوای رفت در اکونومایزر و حداقل مقدار هوای رفت، تعیین می‌شود. در مقادیر حداقل هوای رفت ناحیه یا اتاق و همزمان با آن حداقل مقدار هوای رفت سیستم، تعویض هوای بیرون ناحیه یا اتاق به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$OAAC_{Z,min} = SAAC_{Z,min}$$

که در آن:

Z = ناحیه یا اتاق

min = مینیمم

S = سیستم

$OAAC$ = تعداد تعویض هوای بیرون (OA) در هر ساعت

$SAAC$ = تعداد تعویض هوای رفت در هر ساعت

$\%OA$ = درصد هوای بیرون در فن رفت که به اکونومایزر هوای بیرون وارد می‌شود.

$volume$ = حجم اتاق یا ناحیه

می‌توان مقادیر ثابتی (بدترین حالت ممکن) را برای حداقل SAAC و OA% در اکونومایزر تنظیم کرد تا حداقل تعویض هوای بیرون برای هر اتاق تحت همه شرایط تضمین شود. همچنین یک سیستم کامپیوتری مدیریت ساختمان می‌تواند حداقل SAAC را در ناحیه و OA% را در اکونومایزر سیستم، کنترل و تنظیم کند تا حداقل تعویض هوای بیرون برای هر اتاق در هر حالت تامین شود. بدیهی است که این روش کنترل با کنترل‌کننده‌های دیجیتالی بهتر اجرا می‌شود.

۹-۴ معیار RDP برای اتاق‌های ایزوله و فضاهای مشابه

یک سنسور فشار، اختلاف فشار اتاق و فضای مرجع مجاور با آن (که معمولا یک راهرو یا اتاق انتظار است) را اندازه‌گیری می‌کند. نکته کلیدی در تثبیت و حفظ فشار نسبی، از بین بردن نشتی در دیوارها، سقف و کف و همین طور بسته نگه داشتن درها (به جز در مواردی که نیاز باشد) است. سنسور و ترانسمیتر معمولا دارای خروجی دیجیتال هستند که به یک پانل هشدار کنترل از راه دور که عموما در ایستگاه پرستاری قرار گرفته است متصل می-شود. این پانل می‌تواند به منظور کمک فوری پرسنل تعمیر و نگهداری با سیستم مدیریت ساختمان ارتباط داشته باشد. همه این سیستم ها باید برای پاسخ به ورودی‌های گذرا دارای

تاخیر زمانی باشند. برخی از دستورالعمل‌ها اجازه جایگزین شدن سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (BMS) را به جای سیستم هشدار سخت‌افزاری نمی‌دهند.

کنترل مستقیم فشار، اختلال‌هایی مانند اثر دودکشی، نفوذ و خروج هوا را مشخص و جبران می‌کند اما نمی‌تواند دبی حجمی جریان را ثابت نگه دارد، زیرا دبی حجمی به طور دینامیک در برابر نوسانات فشار اتاق، تنظیم می‌شود. این شرایط می‌تواند هوا را از اتاق‌های مجاور بکشد یا هوا را به اتاق‌های مجاور ببرد و باعث واژگونی فشار در نواحی یا اتاق‌های مجاور شود.

۹-۵ کنترل اتاق عمل

۹-۵-۱ کنترل دما

به طور کلی اتاق‌های عمل به محدوده وسیع دما و رطوبت و همچنین دماهای پایین‌تر از دمای معمول سایر اتاق‌ها نیاز دارند. بیشتر دستورالعمل‌ها، امکان تنظیم دمای اتاق در سراسر محدوده مورد نیاز و تحت همه شرایط را الزامی می‌دانند (برای مثال دمای ۲۰ تا ۲۲/۸ درجه سلسیوس در اتاق‌های عمل معمولی طبق استاندارد AIA 2001). هر چند در برخی از اتاق‌های عمل (مانند اتاق های جراحی قلب یا پیوند اعضا) این موضوع معمول است که کادر پزشکی، دمای اتاق ۱۶ درجه سلسیوس را ترجیح دهند. به منظور صرفه‌جویی در انرژی، دمای آب سرد کل سیستم بیمارستان نباید فقط با در نظر گرفتن نیازهای سرمایشی اتاق عمل مشخص شود. یک راه برای دستیابی به این دمای پایین‌تر، نصب دو سری کویل سرمایی است. یک کویل به سیستم معمول آب سرد ساختمان وصل شده و دمای هوای رفت را در محدوده همیشگی تامین می‌کند. کویل دیگر به سردکن با دمای پایین‌تر وصل می‌شود. به طور مثال، این سردکن می‌تواند یک سیستم DX باشد که از یک چیلر خاص با دمای پایین تغذیه می‌شود.

۹-۵-۲ کنترل فشار و حجم هوای متغیر در اتاق عمل و فضاهای حساس

برخی از دستورالعمل‌ها، سیستم‌های حجم‌ثابت را برای اتاق‌های عمل ضروری می‌دانند. دستورالعمل‌های دیگر، به منظور صرفه‌جویی در انرژی، اجازه استفاده از کنترل‌های دو-وضعیتی یا حجم هوای متغیر را در اتاق‌های عمل و برخی نواحی حساس دیگر می‌دهند (به شرط این که تعداد دفعات تعویض حجم هوای اتاق و تامین هوای تازه رعایت شود). همچنین

برخی از دستوالعمل‌ها اجازه کاهش بیشتر جریان هوا را در زمان‌هایی که اتاق عمل یا فضای مورد نظر خالی است، می‌دهند. این به شرطی است که یک وسیله کنترلی خودکار، جریان هوا را به محض اشغال شدن اتاق، افزایش دهد (این می تواند با استفاده از سیستم حساس به نور اتاق یا سیستمی مشابه انجام شود). باید توجه داشت که در همه این حالات ،به خصوص در جایی که نیاز است تا از سرایت عفونت و آلودگی از یک ناحیه به ناحیه دیگر جلوگیری شود، حفظ فشار نسبی فضا الزامی است. همان طور که پیش از این تشریح شد، اگر یک سیستم حجم‌متغیر مورد استفاده باشد، کنترل با معیار RDP پیشنهاد می‌شود.

۹-۵-۳ کنترل رطوبت در اتاق عمل

نیازهای مربوط به رطوبت‌زدایی برای اتاق‌های عمل، اغلب بسیار زیاد بوده و به آب سرد با دمای بسیار پایین یا سیستم دسیکنت برای هوای تازه بیرون نیاز دارند.

ممکن است برای هر اتاق عمل، یک رطوبت‌زن در نظر گرفته شود. این رطوبت‌زن باید قابل‌تنظیم برای رطوبت نسبی اتاق باشد که بتواند توسط تیم جراحی و برحسب نیاز آن‌ها تغییر یابد. برای تعیین این که آیا بخار رطوبت‌زن، سالم و در حد قابل قبولی بی بو است، باید خصوصیات آب ارزیابی شود.

۹-۶ کنترل آزمایشگاه

بسیاری از بیمارستان‌ها و مراکز درمانی دارای انواع متعددی از آزمایشگاه‌ها هستند. مرسوم‌ترین این آزمایشگاه‌ها، آزمایشگاه‌های داروسازی، تحقیقاتی، پاتولوژی و کلینیکی هستند. دستورالعمل‌ها در برخی از حوزه‌ها، کنترل‌های حجم‌ثابت را در آزمایشگاههای بیمارستانی الزام می‌کنند. اگر از سیستم حجم‌متغیر استفاده شود، این سیستم باید تناسب فشار بین آزمایشگاه و سایر مراکز درمانی را حفظ کند. الزامات کنترل VAV به واسطه نوسانات بزرگ در جریان هوا برای هودها در آزمایشگاه تاثیر می‌پذیرند. همچنین کنترل دما به واسطه تغییرات زیاد در دبی جریان هوای اتاق تاثیر می‌پذیرد. کنترل رطوبت مشکل است زیرا رطوبت‌زن‌ها باید برای تنظیم در نوسانات جریان هوا، تعیین اندازه شوند.

قوانین ایمنی زیستی NIH و CDC آزمایشگاه‌ها را بر اساس خطر دسته‌بندی می‌کنند (سطوح BSL 4,3,2,1). هر سیستم BSL به ترکیب خاصی از تکنیک‌ها و تجارب، تجهیزات امنیتی و تجهیزات آزمایشگاهی نیاز دارد. برای اطلاعات بیشتر می‌توانید به دستنامه ASHRAE جلد کاربردها یا CDC 1999 مراجعه کنید.

۹-۷ مراحل کلی کنترل مورد استفاده در مراکز درمانی

مراحل کنترل زیر می‌توانند به عنوان راهنمای طراحی، برای بیمارستان‌ها مورد استفاده قرار گیرند. به منظور تشریح این مطلب، چندین مثال اضافی از مراحل کنترل به همراه نمودارهای کنترل مورد استفاده در مراکز درمانی در بخش ۹-۱۰ آورده شده است. توجه داشته باشید، که این فصل قصد معرفی مراحل زیر را به عنوان تنها روش موجود و ممکن ندارد، بلکه در صدد تشریح روش معمول کنترل و مراحل آن است.

۹-۷-۱ کنترل فن رفت با فشار استاتیک کانال: کنترل پره ورودی فن یا سرعت موتور

فشار استاتیک هوای رفت می‌تواند با تنظیم پره فن یا با تغییر سرعت موتور از طریق محرک فرکانس متغیر[۱] (VFD)، تنظیم شود. در طی فرایند راه‌اندازی، سرعت فن تغذیه باید به آهستگی بالا رود تا نقطه تنظیم فشار استاتیک حفظ شود. فن هوای برگشت با روش‌های دیگر کنترل می‌شود مانند کنترل دبی حجمی هوای برگشت یا کنترل اختلاف دبی حجمی هوای رفت و برگشت.

۹-۷-۲ کنترل پیوسته فن

کنترل پیوسته VFD یا پره‌های ورودی فنهای برگشت و تخلیه به صورت زیر است. ایستگاه‌های اندازه‌گیری دبی هوا در کانال های رفت، برگشت و تخلیه، سیگنال‌های مربوط به دبی حجمی جریان را به سیستم کنترل می‌فرستند. فن‌های برگشت و تخلیه به طور پیوسته به نحوی تنظیم می‌شوند تا مقادیر از پیش تعیین شده دبی هوا حفظ شود. کنترل پیوسته دبی حجمی جریان هوا به حفظ فشار نسبی کل فضاها کمک می‌کند.

۹-۷-۳ رطوبت‌زنی

رطوبت‌زن باید طوری تنظیم شود تا رطوبت هوای اتاق یا هوای تخلیه حفظ شود. زمانی که رطوبت هوای تخلیه یا اتاق افزایش می‌یابد، رطوبت‌زن خاموش می‌شود. وضعیت عکس باید در هنگام کاهش رطوبت هوای اتاق یا هوای تخلیه رخ دهد. یک دستگاه پایش رطوبت با

---

[۱] Variable Frequency Drive

دقت بالا باید در صورت افزایش رطوبت هوای رفت به بیش از ۸۵٪ به رطوبت‌زن سیگنال خاموشی دهد. در هنگام افت دبی جریان هوا، سوییچ فشار استاتیک، رطوبت‌زن را غیر فعال می‌کند.

۹-۷-۴ کنترل دمای هوای رفت

سیستم کنترل دمای هوای رفت، دمپر اکونومایزر، شیرهای کویلهای پیش‌گرمایش و شیرهای آب سرد را مدیریت می‌کند. فرض کنید که اکونومایزر در وضعیت حداقل هوای بیرون قرار دارد و دمای هوای مخلوط شده سردتر از مقدار مطلوب است. در این حالت کویل پیش‌گرمایش باید مقداری گرمایش ایجاد نماید. به عکس با افزایش دمای هوای مخلوط‌شده، شیر پیش‌گرمایش بسته می‌شود. همزمان با ادامه افزایش دمای هوای مخلوط-شده، اگر آنتالپی هوای بیرون کمتر از آنتالپی هوای برگشت باشد، دمپرهای اکونومایزر هوای بیرون به طور کامل باز شده و پس از آن، اکونومایزر تا حد مورد نیاز تنظیم می‌شود تا دمای هوای رفت در مقدار قابل قبول حفظ شود. اگر باز هم دمای هوای مخلوط‌شده بالاتر از دمای هوای رفت مورد نیاز باشد، شیرهای آب سرد باز می‌شوند. اگر آنتالپی هوای بیرون بیشتر از آنتالپی هوای برگشت باشد، اکونومایزر به موقعیت مینیمم هوای بیرون باز می‌گردد.

۹-۷-۵ بستن دمپر و خاموش کردن فن در زمان هشدار دود

هنگامی که آشکارسازهای دود کانال برگشت یا رفت، وجود دود در کانال را اعلام می-کنند، دمپرهای دود هوای برگشت و رفت به صورت سخت‌افزاری بسته می‌شوند. دمپرهای هوای برگشت و هوای بیرونی بسته شده و فن‌های رفت، برگشت و تخلیه هم خاموش می-شوند. همه توابع کنترل هواساز باید بعد از این که آشکارساز دود به طور دستی ریست شد، به شرایط طبیعی و معمول برگردند. در برخی موارد، یک سیستم کنترل دود به شکل زیر، مورد استفاده قرار می گیرد.

به عنوان جایگزینی برای روش بالا، کنترل‌های سیستم می‌توانند در حالت تخلیه دود قرار بگیرند تا دود را خارج کرده و با استفاده از ۱۰۰٪ هوای بیرون، نواحی فرار را فشار مثبت کنند.

۹-۷-۶ کنترل همزمان رادیاتور و کویل بازگرمایش

وقتی که ترموستات اتاق، هم کویل بازگرمایش و هم رادیاتور را کنترل می کند، توالی

کار بسیار مهم است. بهترین حالت، زمانی است که کنترل رادیاتور به طور کامل اجرا شود قبل از اینکه بازگرمایش کانالی فعال شود.

۹-۷-۷ موقعیت نصب سنسور و ترموستات

یک ترموستات یا سنسور دما باید در محلی نصب شود که بتواند شرایط میانگین ناحیه را اندازه گیری کند. یک ترموستات نباید در جایی قرار گیرد که تجهیزات گرمازا، تابش خورشیدی، دیوار بیرونی گرم یا سرد بر آن تاثیر بگذارد.

در نواحی که تخت‌های مراقبت از بیماران وجود دارد (مانند اتاق‌های نگه‌داری بیماران) پرزگرفتگی و آلودگی پوشش سنسورهای جریان هوای برگشت و ایستگاه‌های اندازه‌گیری دبی جریان هوا، مسئله قابل ملاحظه‌ای است. می‌توان با یک برنامه تعمیر و نگهداری حفاظتی، سنسورهای هوای برگشت را در شرایط کاری مناسب نگه داشت.

۹-۸ کنترل تجهیزات ایمنی

تجهیزات ایمنی که سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مراکز درمانی را محافظت می‌کنند به علت شرایط کاری خاص، بسیار مهم هستند. بیشتر کنترل‌های ایمنی برای هواسازها و آشکارساز دود در نظر گرفته می‌شوند و مستقل از سیستم BMS هستند. این ابزارها می توانند تجهیزات را از طریق سخت‌افزاری خاموش کرده و از طریق سیستم BMS آلارم بدهند. تجهیزات ایمنی‌ها همچنین می توانند به طور نرم افزاری نصب شوند اما روش‌های سخت افزاری مطمئن‌تر هستند زیرا منجر به حذف اشتباه ناشی از سیستم BMS، نرم‌افزار یا اپراتور می‌شوند.

۹-۸-۱ حفاظت از کویل سرمایی در برابر یخ زدگی

اگر امکان پایین آمدن دمای هوای بیرون تا ۲ درجه سلسیوس باشد، باید یک کویل پیش-گرمایش در بالادست کویل سرمایی قرار گیرد تا از کویل سرمایی در برابر یخزدگی محافظت کند. در صورتی که از کویل پیش‌گرمایش استفاده نشده باشد، یک پایشگر یخزدگی با یک سنسور در بالادست کویل سرمایی، شرایط دمایی را کنترل کرده و در صورت رسیدن به شرایط تنظیمی، فن های رفت، برگشت و تخلیه را خاموش کرده، دمپرهای هوای بیرون را بسته و شیر آب سرد را تا انتها باز کند. توجه داشته باشید که در چنین شرایطی

آب سرد باید در کل کویل با دبی قابل ملاحظه‌ای پمپ شود تا امکان یخزدگی کاهش یابد. در شرایط شدیدا سرد، این کار نمی‌تواند از یخزدگی جلوگیری کند و شیر خودکار باید کویل را تخلیه کند. قبل از شروع کار فن‌ها، شیر کنترل پیش‌گرمایش فعال شده یا یک تاخیر زمانی در پایشگر یخزدگی ایجاد می‌شود تا فن در زمان شروع به کار، دچار اشکال نشود.

۹-۸-۲ تجهیزات ایمنی برای فشار استاتیک کانال

وقتی که دمپرهای موتوری برای کنترل دمپر جداکننده یا دمپر دود در سیستم هوای رفت مورد استفاده قرار می‌گیرند، طراحی کانال‌کشی هوای تخلیه یا هوای برگشت باید طوری باشد که بستن سیستم رفت نتواند به کانال‌های هوای رفت یا برگشت آسیب بزند. اگر محرک فرکانس‌متغیر (VFD)، پره‌های ورودی یا کنترل‌هایشان به طور نامناسب تنظیم شوند، سیستم کانال‌کشی می‌تواند دچار آسیب شود. اقدامات زیر از بروز چنین اتفاقاتی جلوگیری می کنند.

- زمانی که دستور خاموشی فن ارسال می‌شود، یک رله سخت‌افزاری تاخیر زمانی باید مانع از بسته شدن دمپرها برای مدت ۳۰ ثانیه پس از خاموش شدن فن (ها) شود. این از ایجاد فشار تا زمانی که چرخش فن‌ها پایین بیاید جلوگیری می‌کند.
- پس از ارسال فرمان خاموشی به فن، مطمئن شوید که سنسور اختلاف فشار فن، اختلاف فشاری کمتر از یک مقدار تنظیمی (عموما ۲۴۹ Pa) را نشان دهد و پس از آن دمپرها بسته شوند. یا
- یک دمپر اطمینان در سمت کانال نصب شود تا فشار اضافی را تخلیه کند.
- با ارسال سیگنال برای شروع کار هواساز، قبل از این که فن‌ها شروع به کار کنند، دمپر جداکننده هوای رفت و تخلیه (و همچنین دمپر هوای بیرون و دمپر دود) باز می‌شوند. سوییچ دمپر جداکننده نشان می‌دهد که دمپرها باز هستند و به فن(ها) این امکان داده می‌شود تا از طریق سخت‌افزاری شروع به کار کنند.
- وجود یک دستگاه ایمنی تشخیص فشار استاتیک بالا، قبل از دمپر دود/جداکننده هوای رفت می تواند فن‌های تغذیه را خاموش کرده و در هنگام احساس فشار استاتیک بالاتر از نقطه کار هادی به سیستم کنترل مرکزی اطلاع دهد.
- دستگاه ایمنی تشخیص پایین بودن فشار استاتیک کانال هوای برگشت و تخلیه، قبل از فن برگشت و تخلیه نصب شده و در زمان احساس فشار استاتیک پایین‌تر از نقطه کار عادی یکی از فن‌ها، فن دیگر را خاموش کرده و به سیستم کنترل مرکزی اطلاع می‌دهد.

- در هنگام فعال شدن رله سیستم هشدار آتش‌سوزی ساختمان، سیستم می‌تواند خاموش شود یا در حالت تخلیه دود کار کند. هشدار آتش‌سوزی در سیستم‌های BMS اعلان می‌شود.

۹-۹ کنترل های سیستم DX

توجه به سیستم های DX از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. باید دقت کافی وجود داشته باشد تا اطمینان حاصل شود که کنترل ظرفیت این سیستم، متناسب با تغییرات شرایط محیط بیرون انجام می‌شود.

۹-۱۰ مثالهایی برای استراتژی‌های کنترلی

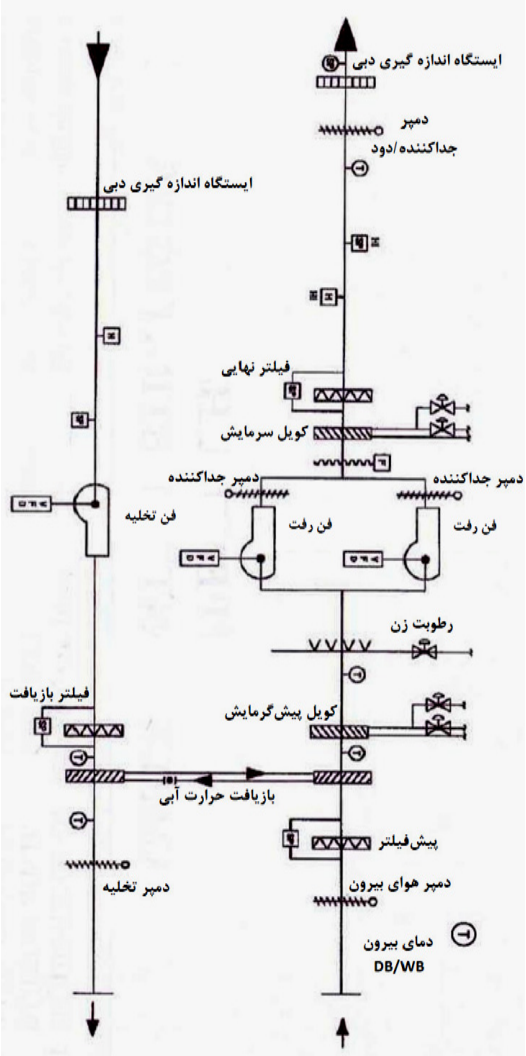
۹-۱۰-۱ مراحل کار یک هواساز با ۱۰۰٪ هوای تازه، دو فن رفت، یک فن تخلیه و سیستم بازیافت حرارت آبی (شکل ۹-۱)

حالت شروع به کار

هر وقت که H-O-A (سوییچ سه حالته دستی-خاموش-خودکار) در حالت خودکار قرار دارد، سیستم هواساز به صورت خودکار توسط EMS (سیستم مدیریت انرژی) روشن یا خاموش می‌شود و هر وقت که H-O-A در حالت دستی باشد باید سیستم را به صورت دستی روشن یا خاموش کرد.

هواساز دارای دو فن تغذیه و یک فن تخلیه است. اگر دمای هوای تازه کمتر از ٤٥°F (۷°C) (قابل تنظیم) باشد، شیر کویل پیش‌گرمایش یک دقیقه قبل از آنکه فن‌ها شروع به کار کنند باز می‌شود. زمانی که وضعیت فن ثابت شد، شیر کویل پیش گرمایش به آرامی بسته شده و به صورتی که در ادامه در بخش کنترل دما آمده است، کنترل می‌شود. هنگامی که فرمان روشن شدن سیستم صادر می‌شود، قبل از آنکه فن‌ها شروع به کار کنند، باید دمپرهای جداکننده، تغذیه و تخلیه و همچنین دمپر هوای تازه باز شوند. سنسور دمپرهای جداسازی زمانی که دمپرها کاملا باز شدند به فن‌ها اجازه می‌دهند که شروع به کار کنند. هنگامی که فرمان خاموش شدن یک فن دریافت می‌شود، رله‌های تاخیر زمانی، جلوی بسته شدن دمپرهای جداسازی را برای ۳۰ ثانیه (قابل تنظیم) می‌گیرند. این کار از افزایش فشار پس از خاموشی فن‌ها، ممانعت کرده و باعث جلوگیری از آسیب فن به خاطر فشار استاتیک

بالا می‌شود.



شکل۹-۱ مراحل کار یک هواساز با ۱۰۰٪ هوای تازه با فن تخلیه و بازیافت آبی

کنترل سرعت فن

قسمت‌های تغذیه و تخلیه هوا، اطلاعات مقدار دبی هوا را به سیستم EMS می‌دهند. در حالت شروع به کار، فن‌های تغذیه به آرامی دور می‌گیرند تا فشار استاتیک مورد نیاز جریان

هوا را (اندازه گیری شده در دو سوم پایین دست کانال اصلی) حفظ کنند. اگر یکی از فن‌های تغذیه کار نکند، فن دوم باید با افزایش سرعت آن را جبران کند تا فشار مورد نظر حفظ شود.

راه‌اندازی مجدد فن عمل نکرده از طریق سیستم EMS انجام می‌شود. در هنگام راه‌اندازی مجدد، فن دیگر باید سرعت خود را به حداقل سرعت برساند. هنگامی که فن به حداقل سرعت خود رسید، سیگنالی برای راه اندازی مجدد فن داده می‌شود. سپس هر دو فن شروع به دور گرفتن می‌کنند تا جایی که با حلقه استاتیک اصلی منطبق شوند. اگر فن، باز هم عمل نکند، دمپر جداکننده آن بسته می‌شود و در صفحه ورودی EMS اعلام خرابی می‌شود. فن در حال کار به تنهایی دور گرفته و توسط کنترل فشار استاتیک با کل سیستم هماهنگ می‌شود.

کنترل دما

دمای هوای دهش (ورودی به فضا) از طریق تغییر سرعت پمپ بازیافت حرارت، شیر کویل پیش‌گرمایش و شیرآب سرد تنظیم می‌شود. هنگامی که دمای هوای دهش بالا می‌رود، باید سرعت پمپ بازیافت گرما را به حداقل ممکن کاهش داد. اگر بالا رفتن دما ادامه یافت، شیر پیش‌گرمایش به صورت تدریجی بسته می‌شود. اگر باز هم دمای خروجی در حال افزایش بود، شیرآب سرد باز می‌شود. اگر دمای دهش کاهش یابد، عکس این روند صورت خواهد گرفت. در مواقعی که پمپ بازیافت گرما در حالت گرمایشی کار می‌کند یا وقتی که شیر پیش گرمایش باز است، شیر آب سرد نباید باز شود. پمپ بازیافت گرما هنگامی شروع به کار می‌کند که دمای هوای تازه ۵°F (۲/۸°C) (قابل تنظیم) بیشتر از دمای تخلیه باشد یا وقتی که دمای هوای تازه ۳°F (۱/۷°C) (قابل تنظیم) زیر دمای تنظیمی هوای پیش‌گرمایش است.

رطوبت زنی

برای حفظ رطوبت نسبی هوای دهش، از رطوبت‌زن استفاده می‌شود. هنگامی که رطوبت هوا افزایش می‌یابد، شیر رطوبت‌زن به صورت تدریجی بسته می‌شود. در حالتی که رطوبت هوا کاهش یابد، عملکرد شیر برعکس خواهد بود. اگر رطوبت هوا از ۹۰٪ بیشتر شود (قابل تنظیم) یک رطوبت‌بان، سیگنال رطوبت‌زن را قطع می‌کند. تا زمانی که از کویل آب سرد

استفاده می‌شود، شیر رطوبت‌زن بسته باقی می‌ماند. به محض افت جریان هوا یک سوییچ فشار استاتیک، شیر کنترل رطوبت‌زن را می‌بندد.

ایمنی

تمام وسایل ایمنی هواسازها غیرقابل تنظیم و مستقل از سیستم EMS هستند. این وسایل از طریق دستگاه‌های حفاظتی غیر قابل تنظیم، دستگاه را خاموش کرده و از طریق صفحه ورودی EMS به اپراتور هشدار می‌دهند.

محافظت از یخ زدگی

یک ترموستات که در خروجی فن تغذیه نصب شده است، هنگامی که دمای ۳۸°F (۳°C) (قابل تنظیم) را حس کند، فن‌های تغذیه و تخلیه را غیرفعال کرده، دمپرهای جداکننده و هوای تازه را بسته، و شیرآب سرد را کاملا باز می‌کند.

فشار استاتیک کانال

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای دهش که قبل از دمپر دود/جداکننده هوای تغذیه قرار می‌گیرد، هر دو فن تغذیه و ورودی سیستم کنترل را به محض دریافت فشاری بالاتر از فشار تنظیم شده غیرفعال می‌کند.

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک ورودی هوای تازه، هر دو فن تغذیه و ورودی سیستم کنترل را به محض حس کردن فشار استاتیکی کمتر از فشار تنظیم شده غیرفعال می‌کند.

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای تخلیه که قبل از فن تخلیه قرار می‌گیرد به محض حس کردن فشار استاتیکی پایین‌تر از فشار تنظیم شده، فن و ورودی سیستم کنترل را غیرفعال می‌کند.

حد بالای رطوبت

یک دستگاه کنترل رطوبت هوای دهش، به محض احساس رطوبت به اندازه۹۰٪ (قابل تنظیم)، شیر رطوبت زن و ورودی سیستم کنترل را غیرفعال می‌کند.

تشخیص دود در کانال

آشکارسازهای دود که در خروجی هوای تغذیه و کانال‌های تخلیه قرار می‌گیرند، دود داخل کانال را به صورت زیر آشکار می‌کنند. هنگامی که آشکارساز دود فن تغذیه، دود را

حس می‌کند، از طریق سیستم حفاظتی غیرقابل تغییر، فن‌های تغذیه متوقف شده و دمپر دود هوای تغذیه و دمپر هوای تازه بسته می‌شوند. زمانی تمام عملکردهای هواساز به حالت طبیعی خود بازمی‌گردد که آشکارساز دود به صورت دستی ریست شود.

نکات:

- کنترل‌های دیجیتالی می‌توانند انعطاف‌پذیری و کنترل شدیدتری نسبت به کنترل‌های نئوماتیک ایجاد کنند. کنترل‌های دیجیتالی ابزار مناسبی برای دنبال کردن اطلاعات و همچنین عیب‌یابی هستند.
- برای فضاهای حساس مثل اتاق‌های عمل و بخش‌های مراقبت ویژه می‌توان به منظور افزایش قابلیت اطمینان از دوسیستم تغذیه مستقل استفاده کرد.
- طراحی سیستم می‌تواند بر اساس هوای برگشتی باشد نه ۱۰۰٪ هوای تازه.
- فعال کردن شیر کنترل پیش گرمایش قبل از شروع به کار فن می‌تواند مانع اختلال سیستم ضد یخ زدگی در هنگام شروع به کار سیستم شود.
- سیستم بازیافت حرارت می‌تواند از نوعی دیگر باشد مثلا از نوع مبدل‌های هوا به هوا، لوله‌های گرمایی یا مبدل‌های جاذب رطوبت.
- می‌توان از اختلال ناشی از سیستم ضد یخ زدگی از طریق قرار دادن کویل‌های آب سرد در پایین دست فن‌های تغذیه جلوگیری کرد.
- برای جلوگیری از خیس شدن فیلتر نهایی توسط رطوبت‌زن، باید فاصله بین صفحه رطوبت‌زن بخار و فیلتر نهایی هر اندازه ممکن است بیشتر شود.
- می‌توان از طریق نصب نرم‌افزارها نیز ایمنی را تامین کرد ولی دستگاه‌های ایمنی سخت-افزاری غیر قابل تغییر، اعتمادپذیرتر هستند زیرا مشکلات ناشی از خطای اپراتور و نرم‌افزار را ندارند.

۹-۱۰-۲ مراحل کار یک هواساز با۱۰۰٪ هوای تازه با فن تخلیه و سیستم بازیافت حرارت آبی (۹-۲)

حالت شروع به کار

هر وقت که H-O-A در حالت خودکار باشد، سیستم هواساز به صورت خودکار توسط EMS روشن یا خاموش می‌شود و هر وقت که H-O-A در حالت دستی باشد، سیستم به

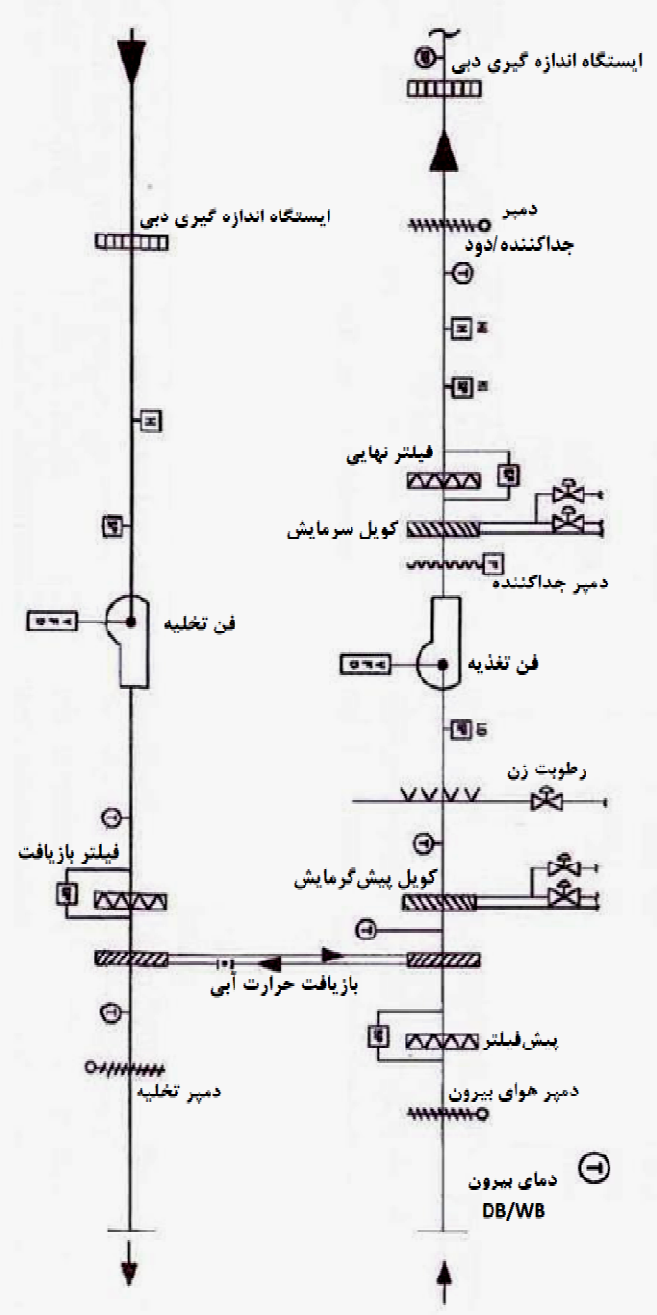
صورت دستی روشن و خاموش می‌شود.

هواساز یک فن تغذیه و یک فن تخلیه دارد، اگر دمای هوای تازه از ٤٥°F (٧°C) (قابل تنظیم) کمتر باشد، شیر کویل پیش‌گرمایش یک دقیقه قبل از شروع به کار فن‌ها، باز می‌شود. هنگامی که وضعیت فن‌ها ثابت شد، شیر پیش گرمایش به آرامی بسته شده و به صورتی که در ادامه در بخش کنترل دما آمده است، کنترل می‌شود. دمپرهای جداکننده جریان تغذیه و تخلیه و همچنین دمپر هوای تازه باز می‌شوند. سنسور دمپرهای جداکننده نشان می‌دهند که دمپرها باز شده‌اند و به فن‌ها اجازه می‌دهند که شروع به کار کنند.

هنگامی که فرمان خاموش شدن یک فن دریافت می‌شود، رله‌های تاخیر زمانی، جلوی بسته شدن دمپرهای جداسازی را برای ۳۰ ثانیه (قابل تنظیم) می‌گیرند. این کار از افزایش فشار پس از خاموشی، ممانعت کرده و باعث جلوگیری از آسیب فن به خاطر فشار استاتیک بالا می‌شود.

کنترل سرعت فن

قسمتهای جریان هوای تغذیه و تخلیه، اطلاعات مربوط به دبی هوا را به سیستم EMS می‌دهند. در حالت شروع به کار، فن تغذیه به آرامی دور می‌گیرد تا فشار استاتیک جریان هوا را (اندازه گیری شده در دو سوم پایین دست کانال اصلی) حفظ کند. اگر فن عمل نکند برای راه‌اندازی مجدد آن باید از قسمت ورودی سیستم EMS فرمان داد. در هنگام راه‌اندازی مجدد، سیستم به ترتیبی که در حالت شروع به کار ذکر شد راه‌اندازی می‌شود.



شکل۹-۲ مراحل کار یک هواساز با ۱۰۰٪ هوای تازه، یک فن تخلیه و سیستم بازیافت آبی

کنترل دما

دمای دهش از طریق تغییر سرعت پمپ بازیافت گرما، شیر کویل پیش‌گرمایش و شیرآب سرد تنظیم می‌شود. هنگامی که دمای دهش هوا بالا می‌رود، باید سرعت پمپ بازیافت گرما را به حداقل ممکن کاهش داد. اگر بالا رفتن دما ادامه یافت، شیر پیش‌گرمایش به صورت تدریجی بسته می‌شود. اگر باز هم دمای خروجی در حال افزایش بود، شیرآب سرد باز می‌شود. اگر دمای دهش کاهش یابد، عکس این روند صورت خواهد گرفت. در مواقعی که پمپ بازیافت گرما در حالت گرمایشی کار می‌کند یا وقتی که شیر پیش‌گرمایش باز است، شیر آب سرد نباید باز شود. پمپ بازیافت گرما هنگامی شروع به کار می‌کند که دمای هوای تازه ۵°F (۲/۸°C) (قابل تنظیم) بیشتر از دمای تخلیه باشد یا وقتی که دمای هوای تازه ۳°F (۱/۷°C) (قابل تنظیم) زیر دمای تنظیمی هوای پیش گرمایش است.

رطوبت زنی

برای حفظ رطوبت نسبی هوای دهش، از رطوبت‌زن استفاده می‌شود. هنگامی که رطوبت هوا افزایش می‌یابد، شیر رطوبت‌زن به صورت تدریجی بسته می‌شود. در حالتی که رطوبت هوا کاهش یابد، عملکرد شیر برعکس خواهد بود. اگر رطوبت هوای تامین شده از ۹۰٪ بیشتر شود (قابل تنظیم) یک رطوبت‌بان، سیگنال رطوبت زن را قطع می‌کند. هنگامی که از کویل آب سرد استفاده می‌شود، شیر رطوبت‌زن بسته باقی می‌ماند. به محض افت جریان هوا یک سوییچ فشار استاتیک، شیر کنترل رطوبت‌زن را خواهد بست.

ایمنی

تمام وسایل ایمنی هواسازها غیرقابل تنظیم و مستقل از سیستم EMS هستند. این وسایل از طریق دستگاه‌های حفاظتی غیر قابل تنظیم، دستگاه را خاموش کرده و از طریق صفحه ورودی EMS به اپراتور هشدار می‌دهند.

محافظت از یخ زدگی

یک ترموستات که در خروجی فن تغذیه نصب شده است هنگامی که دمای ۳۸°F (۳°C) (قابل تنظیم) را حس کند، فن‌های تغذیه و تخلیه را غیرفعال کرده و دمپرهای جداکننده و هوای تازه را می‌بندد و شیرآب سرد را کاملا باز می‌کند.

فشار استاتیک کانال

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای دهش که قبل از دمپر دود/جداکننده هوای تغذیه قرار می‌گیرد، فن تغذیه و ورودی سیستم کنترل را به محض دریافت فشاری بالاتر از فشار تنظیم شده غیر فعال می‌کند.

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک ورودی هوای تازه، هر دو فن تغذیه و ورودی سیستم کنترل را به محض حس کردن فشار استاتیکی کمتر از فشار تنظیم شده قطع می‌کند.

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای تخلیه که قبل از فن تخلیه قرار می‌گیرد به محض حس کردن فشار استاتیکی پایین‌تر از فشار تنظیم شده، فن و ورودی سیستم کنترل را قطع می‌کند.

حد بالای رطوبت

یک دستگاه کنترل رطوبت دهش هوا به محض احساس رطوبت به اندازه۹۰٪ (قابل تنظیم)، شیر رطوبت زن و ورودی سیستم کنترل را می‌بندد.

هشدار دود هوای تغذیه

هنگامی که آشکارساز دود فن تغذیه، دود را حس می‌کند، از طریق سیستم حفاظتی غیرقابل تغییر، فن‌های تغذیه متوقف شده و دمپر دود هوای تغذیه و دمپر هوای تازه بسته می‌شوند. زمانی تمام عملکردهای هواساز به حالت طبیعی خود بازمی‌گردد که آشکار ساز دود به صورت دستی ریست شود.

نکات:

- کنترل‌های دیجیتالی می‌توانند انعطاف‌پذیری و کنترل شدیدتری نسبت به کنترل‌های نئوماتیک ایجاد کنند. کنترل‌های دیجیتالی ابزار مناسبی برای دنبال کردن اطلاعات و همچنین عیب‌یابی هستند.
- برای فضاهای حساس مثل اتاق‌های عمل و بخش‌های مراقبت ویژه می‌توان به منظور افزایش قابلیت اطمینان از دوسیستم تغذیه مستقل استفاده کرد.
- طراحی سیستم می‌تواند بر اساس هوای برگشتی باشد، نه ۱۰۰٪ هوای تازه.
- فعال کردن شیر کنترل پیش گرمایش قبل از شروع به کار فن می‌تواند مانع اختلال سیستم ضد یخ زدگی در هنگام شروع به کار سیستم شود.

- سیستم بازیافت حرارت می‌تواند از نوعی دیگر باشد مثلا از نوع مبدل‌های هوا به هوا، لوله‌های گرمایی یا مبدل‌های جاذب رطوبت.
- می‌توان از اختلال ناشی از سیستم ضد یخ زدگی از طریق قرار دادن کویل‌های آب سرد در پایین دست فن‌های تغذیه جلوگیری کرد.
- برای جلوگیری از خیس شدن فیلتر نهایی توسط رطوبت‌زن، باید فاصله بین صفحه رطوبت‌زن بخار و فیلتر نهایی هر اندازه ممکن است بیشتر شود.
- می‌توان از طریق نصب نرم‌افزارها نیز ایمنی را تامین کرد ولی دستگاه‌های ایمنی سخت-افزاری غیرقابل تغییر، اعتمادپذیرتر هستند زیرا مشکلات ناشی از خطای اپراتور و نرم‌افزار را ندارند.

۹-۱۰-۳ مراحل کار یک هواساز با ۱۰۰٪ هوای تازه با مسیر بای پس و فن تخلیه

حالت شروع به کار

هر وقت که H-O-A در حالت خودکار باشد، سیستم هواساز به صورت خودکار توسط EMS روشن یا خاموش می‌شود و هر وقت که H-O-A در حالت دستی باشد، سیستم به صورت دستی روشن و خاموش می‌شود.

هواساز یک فن تغذیه و یک فن تخلیه دارد، اگر دمای هوای تازه از ٤٠°F (٤°C) (قابل تنظیم) کمتر باشد، شیر کویل پیش‌گرمایش یک دقیقه قبل از شروع به کار فن‌ها، باز می‌شود. هنگامی که وضعیت فن‌ها ثابت شد، شیر کویل پیش‌گرمایش به آرامی بسته شده و به صورتی که در ادامه در بخش کنترل دما آمده است، کنترل می‌شود. دمپرهای جداکننده جریان تغذیه و تخلیه و همچنین دمپر هوای تازه باز می‌شوند. سنسور دمپرهای جداکننده نشان می‌دهند که دمپرها باز شده‌اند و به فن‌ها اجازه می‌دهند که شروع به کار کنند.

هنگامی که فرمان خاموش شدن یک فن دریافت می‌شود، رله‌های تاخیر زمانی، جلوی بسته شدن دمپرهای جداسازی را برای ۳۰ ثانیه (قابل تنظیم) می‌گیرند. این کار از افزایش فشار پس از خاموشی، ممانعت کرده و باعث جلوگیری از آسیب فن به خاطر فشار استاتیک بالا می‌شود.

کنترل سرعت فن

قسمت‌های جریان هوای تغذیه و تخلیه، اطلاعات مربوط به دبی هوا را به سیستم EMS می‌دهند. در حالت شروع به کار، فن تغذیه به آرامی دور می‌گیرد تا فشار استاتیک جریان

هوا را (اندازه گیری شده در دو سوم پایین دست کانال اصلی) حفظ کند. اگر فن عمل نکند برای راه‌اندازی مجدد آن باید از قسمت ورودی سیستم EMS فرمان داد. در هنگام راه‌اندازی مجدد، سیستم به ترتیبی که در حالت شروع به کار ذکر شد راه‌اندازی می‌شود.

کنترل دما

دمای هوای دهش از طریق عملکرد شیر کنترل گرمایش، دمپرهای مسیرهای اصلی و بای‌پس و همچنین شیرهای کنترل آب سرد تنظیم می‌شود. اگر دمای هوای تازه، کمتر از ٤٠°F (٤°C) باشد، شیر کنترل گرمایش به تدریج به حالت کاملا باز در می‌آید و دمپر مسیرهای بای‌پس و اصلی برای حفظ دمای تنظیمی هوای دهش به تدریج تغییر وضعیت می‌دهند. زمانی که دمای هوای تازه بیش از ٤٠°F (٤°C) باشد و دمای هوای تازه برابر با دمای تنظیم شده هوای دهش باشد، دمپر اصلی کاملا باز شده و دمپر بای‌پس کاملا بسته می‌شود. هنگامی که دمای هوای تازه بیش از دمای تنظیم شده هوای دهش باشد، باید دمپر اصلی کاملا باز شده، دمپر کنار گذر کاملا بسته شده، شیر کنترل گرمایش کاملا بسته می-شود و شیر کنترل آب سرد برای حفظ دمای هوای دهش تنظیم می‌شود.

رطوبت‌زنی

برای حفظ رطوبت نسبی هوای دهش، از رطوبت‌زن استفاده می‌شود. هنگامی که رطوبت هوا افزایش می‌یابد، شیر رطوبت‌زن به صورت تدریجی بسته می‌شود. در حالتی که رطوبت هوا کاهش یابد، عملکرد شیر برعکس خواهد بود. اگر رطوبت هوای تغذیه از ۹۰٪ بیشتر شود (قابل تنظیم) یک رطوبت‌بان، سیگنال رطوبت زن را قطع می‌کند. هنگامی که از کویل آب سرد استفاده می‌شود، شیر رطوبت‌زن بسته باقی می‌ماند. به محض افت جریان هوا یک سوییچ فشار استاتیک، شیر کنترل رطوبت‌زن را خواهد بست.

ایمنی

تمام وسایل ایمنی هواسازها غیرقابل تنظیم و مستقل از سیستم EMS هستند. این وسایل از طریق دستگاه‌های حفاظتی غیر قابل تنظیم، دستگاه را خاموش کرده و از طریق صفحه ورودی EMS به اپراتور هشدار می‌دهد.

محافظت از یخ‌زدگی

یک ترموستات که در ناحیه کویل سرمایش نصب شده است هنگامی که دمای ۳۸°F (۳°C) (قابل تنظیم) را حس کند، فن‌های تغذیه و تخلیه را غیرفعال کرده و دمپرهای جداکننده و هوای تازه را می‌بندد و شیرآب سرد را کاملا باز می‌کند.

فشار استاتیک کانال

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای دهش که قبل از دمپر دود/جداکننده هوای تغذیه قرار می‌گیرد، فن تغذیه و ورودی سیستم کنترل را به محض دریافت فشاری بالاتر از فشار تنظیم شده غیر فعال می‌کند.

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک ورودی هوای تازه، فن تغذیه و ورودی سیستم کنترل را به محض حس کردن فشار استاتیکی کمتر از فشار تنظیم شده قطع می‌کند.

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای تخلیه که قبل از هر فن تخلیه قرار می‌گیرد به محض حس کردن فشار استاتیکی پایین‌تر از فشار تنظیم شده، فن و ورودی سیستم کنترل را قطع می‌کند.

حد بالای رطوبت

دستگاه کنترل حد بالای رطوبت دهش هوا، به محض احساس رطوبت به اندازه ۹۰٪ (قابل تنظیم)، شیر رطوبت زن و ورودی سیستم کنترل را می‌بندد.

هشدار دود هوای تغذیه

هنگامی که آشکارساز دود فن تغذیه، دود را حس می‌کند، از طریق سیستم حفاظتی غیرقابل تغییر، فن‌های تغذیه متوقف شده و دمپر دود هوای تغذیه و دمپر هوای تازه بسته می‌شوند. زمانی تمام عملکردهای هواساز به حالت طبیعی خود بازمی‌گردد که آشکا ساز دود به صورت دستی ریست شود.

نکات:

می‌توان از طریق نصب نرم‌افزارها، ایمنی را تامین کرد ولی دستگاه‌های ایمنی سخت-افزاری غیرقابل تغییر اعتماد پذیرترند، زیرا مشکلات خطای اپراتور و نرم‌افزار را رفع می‌کنند.

- کنترل‌های دیجیتالی می‌توانند انعطاف‌پذیری و کنترل شدیدتری نسبت به کنترل‌های نئوماتیک ایجاد کنند. کنترل‌های دیجیتالی ابزار مناسبی برای دنبال کردن اطلاعات و همچنین عیب‌یابی هستند.
- کنترل فن‌ها بر اساس VFDها است. با تکنولوژی امروز، هزینه اولیه بالای VFD بر استفاده از فن‌های زاویه متغیر ارجحیت دارد.
- فعال کردن شیر کنترل پیش گرمایش قبل از شروع به کار فن می‌تواند مانع اختلال سیستم ضد یخ زدگی در هنگام شروع به کار سیستم شود.
- می‌توان از اختلال ناشی از سیستم ضد یخ زدگی از طریق قرار دادن کویل‌های آب سرد در پایین دست فن‌های تغذیه جلوگیری کرد.
- برای جلوگیری از خیس شدن فیلتر نهایی توسط رطوبت‌زن، باید فاصله بین صفحه رطوبت‌زن بخار و فیلتر نهایی هر اندازه ممکن است بیشتر شود.
- کویل پیش‌گرمایش باید به اندازه‌ای طراحی شود که بتواند هوای تازه را از دمای طرح محیط تا دمای تنظیمی هوای دهش گرم کند.
- دمپرهای اصلی و بای‌پس نیاز به نگهداری‌های دوره‌ای دارند تا به درستی کار کنند. هنگامی که نگهداری منظم غیر ممکن است، جایگزین‌های دیگر را در نظر بگیرید.
- می‌توان از طریق نصب نرم‌افزارها نیز ایمنی را تامین کرد ولی دستگاه‌های حفاظتی سخت‌افزاری غیرقابل تغییر، اعتمادپذیرتر هستند زیرا مشکلات ناشی از خطای اپراتور و نرم‌افزار را ندارند.

۹-۱۰-۴ مراحل کار یک هواساز با فن هوای برگشت و اکونومایزر هوا (شکل ۹-۳)

حالت شروع به کار

هر وقت که H-O-A در حالت خودکار باشد، سیستم هواساز به صورت خودکار توسط EMS روشن یا خاموش می‌شود و هر وقت که H-O-A در حالت دستی باشد، سیستم به صورت دستی روشن و خاموش می‌شود.

بهتر است قبل از شروع به کار فن تغذیه، فن برگشت را روشن کرد تا هواساز را گرم کند. به محض دریافت سیگنالی برای شروع به کار هواساز قبل از شروع به کار فن‌ها، دمپر جداکننده/دود فن تغذیه و دمپر هوای برگشت باز می‌شوند و دمپر هوای تخلیه و دمپر هوای

اکونومایزر، بسته می‌شوند. سنسور دمپرهای دود/جداکننده هوای تغذیه نشان می‌دهند که دمپرها کاملا باز شده‌اند و به فن‌ها اجازه می‌دهند که شروع به کار کنند.

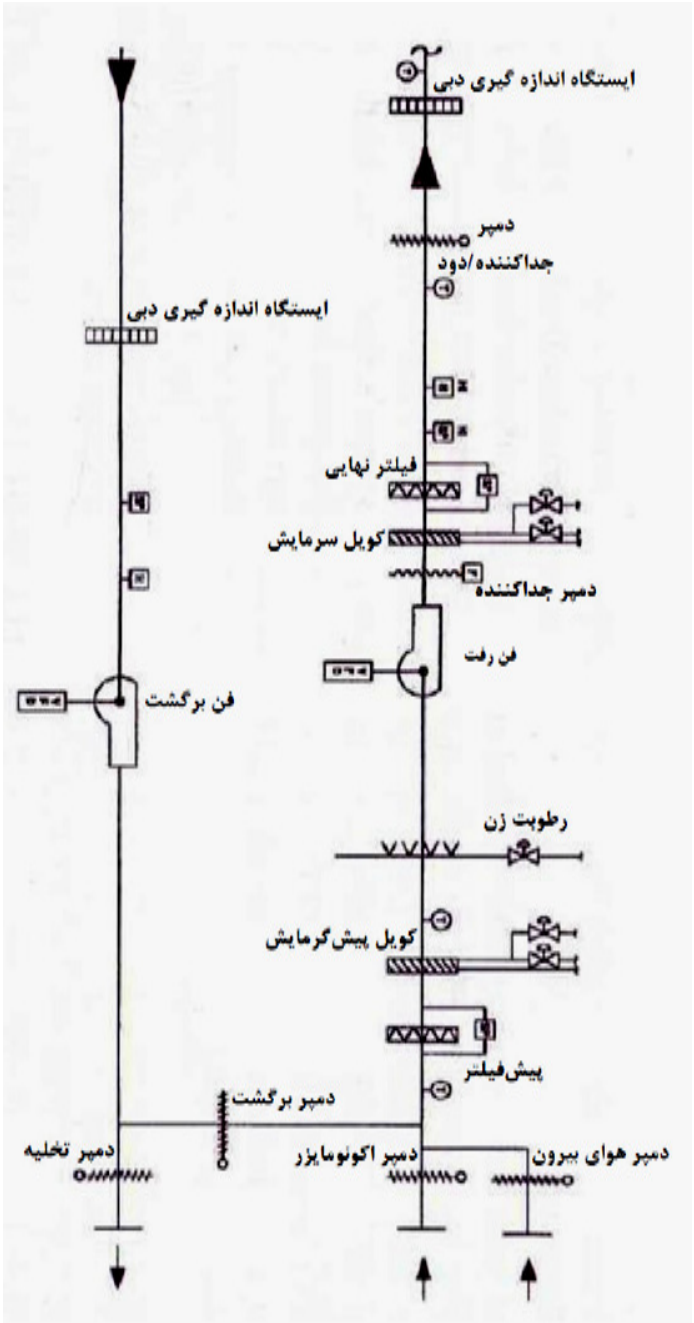
هنگامی که فن تغذیه و فن برگشت، مقادیر مورد نیاز فشار استاتیک سیستم را تامین کردند، دمپر هوای تازه باز می‌شود و EMS، دمپرها، شیرهای گرمایی، شیرهای آب سرد را به ترتیب تنظیم می‌کند تا دمای تنظیمی هوای دهش فراهم شود.

هنگامی که فرمان خاموش شدن فن دریافت می‌شود، تا زمانی که فن از کار بیفتد رله‌های تاخیر زمانی جلوی بسته شدن دمپر جداکننده را برای مدت ۳۰ ثانیه (قابل تنظیم) می‌گیرد. این کار مانع افزایش فشار در موقعی که دور فن کاهش می‌یابد می‌شود و از آسیب فن به خاطر فشار استاتیک بالا جلوگیری می‌کند.

کنترل سرعت فن

قسمت‌های تغذیه و تخلیه، اطلاعات مربوط به دبی هوا را به سیستم EMS می‌دهند. در حالت شروع به کار، فن تغذیه و برگشت به آرامی دور می‌گیرند تا فشار استاتیک جریان هوا را (اندازه گیری شده در دو سوم پایین دست کانال اصلی) حفظ کنند. فن برگشت برای حفظ یک مقدار حداقل تعیین شده هوای تازه، تنظیم می‌شود (براساس اندازه‌گیری دبی هوای تغذیه و برگشت). در مواقعی که از دو فن استفاده می‌شود، اگر یکی از فنهای تغذیه یا برگشت نقص پیدا کند، فن دیگر هم باید خاموش شود.

اگر فنی عمل نکند، برای راه‌اندازی مجدد آن باید از قسمت ورودی سیستم EMS فرمان داده شود. در هنگام راه‌اندازی مجدد، سیستم به ترتیبی که در حالت شروع به کار ذکر شد، راه‌اندازی می‌شود.



شکل۹-۳ مراحل کار یک هواساز با فن برگشت و اکونومایزر

کنترل دما

دمای هوای دهش به ترتیب از طریق عملکرد شیرهای آب گرمایش، دمپرهای اصلی و بای‌پس و همچنین شیرهای کنترل آب سرد تنظیم می‌شود. هرچه دمای هوای دهش افزایش یابد، شیرهای آب گرمایش به صورت تدریجی بسته می‌شوند. اگر باز هم دما افزایش پیدا کند و اکونومایزر در چرخه باشد، دمپر اکونومایزر به سمت هوای تازه باز می‌شود. اگر دمپر اکونومایزر کاملا باز باشد و دما همچنان افزایش یابد، شیرهای آب سرد باز می‌شوند. اگر دمای هوای دهش کاهش یابد این عملیات به صورت معکوس انجام می‌شود.

وارد کردن اکونومایزر به چرخه، از طریق مقایسه انتالپی هوای برگشتی با آنتالپی هوای تازه انجام می‌شود. اگر آنتالپی هوای تازه کمتر از آنتالپی هوای برگشت باشد، هواساز از اکونومایزر استفاده خواهد کرد و دمپرها برای حفظ دمای هوای دهش به طوری که نیاز است، تنظیم می‌شوند. اگر آنتالپی هوای تازه بیشتر از آنتالپی هوای برگشت باشد، گرمکن اولیه غیرفعال شده و دمپر هوای تازه همچنان برای تامین حداقل هوای تازه باز می‌ماند.

رطوبت‌زنی

برای حفظ رطوبت نسبی هوای دهش، از رطوبت‌زن استفاده می‌شود. هنگامی که رطوبت هوا افزایش می‌یابد، شیر رطوبت‌زن بسته می‌شود. در حالتی که رطوبت هوا کاهش یابد، عملکرد شیر برعکس خواهد بود. اگر رطوبت هوای تامین شده از۹۰٪ بیشتر شود (قابل تنظیم) یک رطوبت‌بان، سیگنال رطوبت‌زن را قطع می‌کند. هنگامی که از کویل آب سرد استفاده می‌شود، شیر رطوبت‌زن بسته باقی می‌ماند. به محض افت جریان هوا، یک سوییچ فشار استاتیک، شیر کنترل رطوبت زن را خواهد بست.

ایمنی

تمام وسایل ایمنی هواسازها غیرقابل تنظیم و مستقل از سیستم EMS هستند. این وسایل از طریق دستگاه‌های حفاظتی غیر قابل تنظیم، دستگاه را خاموش کرده و از طریق صفحه ورودی EMS به اپراتور هشدار می‌دهد.

محافظت از یخ‌زدگی

یک ترموستات که در خروجی فن نصب شده است، هنگامی که دمای ۳۸°F (۳°C) (قابل تنظیم) را حس کند، فن‌های جریان وتخلیه را غیرفعال کرده و دمپرهای جداکننده و هوای

تازه را می‌بندد و شیرآب سرد را کاملا باز می‌کند.

فشار استاتیک کانال

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای دهش که به صورت دستی ریست می‌شود و قبل از دمپر دود/جداکننده هوای تغذیه قرار می‌گیرد، فن تغذیه و ورودی سیستم کنترل را به محض دریافت فشاری بالاتر از فشار تنظیم شده می‌بندد.

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای تازه، به محض احساس فشار استاتیک پایین‌تر از فشار تنظیم شده، فن تغذیه و ورودی سیستم کنترل را قطع می‌کند.

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای تخلیه که قبل از فن برگشت قرار می‌گیرد، فن و ورودی سیستم کنترل را به محض دریافت فشاری پایین‌تر از فشار تنظیم شده غیر فعال می‌کند.

حد بالای رطوبت

دستگاه کنترل رطوبت هوای دهش به محض احساس رطوبت ۹۰٪ (قابل تنظیم)، شیر رطوبت‌زن و ورودی سیستم کنترل را می‌بندد.

هشدار دود در هوای تغذیه

هنگامی که آشکارسازهای دود مسیر تغذیه، جریان دود را حس می‌کنند، دمپر جداکننده/دود هوای تغذیه، از طریق سیستم حفاظتی غیرقابل تغییر، بسته می‌شود. از طریق همین سیستم حفاظتی، دمپر هوای تازه بسته شده و فنهای تغذیه و برگشت غیرفعال می‌شوند. برای هواسازهایی با CFM ۱۵۰۰۰ یا بیشتر طبق NFPA نیاز به آشکارسازها و دمپرهای دود در مسیر هوای برگشت است. به محض احساس دود در جریان هوای برگشت، فن و دمپرهای هوای برگشت از کار می‌افتند یا این که فن با تغییر دمپرهای هواساز برای تخلیه دود به خارج ساختمان همچنان به کار خود ادامه می‌دهد. هنگامی که آشکارساز دود به صورت دستی ریست شود، تمام عملکردهای هواساز به حالت طبیعی خود باز می‌گردد.

نکات:

- کنترل‌های دیجیتالی می‌توانند انعطاف‌پذیری و کنترل شدیدتری نسبت به کنترل‌های نئوماتیک ایجاد کنند.
- می‌توان از اختلال ناشی از سیستم ضد یخ زدگی از طریق قرار دادن کویل‌های آب سرد در پایین دست فن‌های تغذیه جلوگیری کرد.
- برای جلوگیری از خیس شدن فیلتر نهایی توسط رطوبت‌زن، باید فاصله بین صفحه رطوبت‌زن بخار و فیلتر نهایی هر اندازه ممکن است بیشتر شود.
- می‌توان از طریق نصب نرم‌افزارها نیز ایمنی را تامین کرد ولی دستگاه‌های حفاظتی سخت‌افزاری غیرقابل تغییر، اعتمادپذیرتر هستند زیرا مشکلات ناشی از خطای اپراتور و نرم‌افزار را ندارند.

۹-۱۰-۵ مراحل کار یک هواساز با طبقات داغ و سرد و فن هوای برگشتی و اکونومایزر (رطوبت زدایی و سرمایش همه هوای تغذیه و بازگرمایش برای جریان داغ)

حالت شروع به کار

هر وقت که H-O-A در حالت خودکار باشد، سیستم هواساز به صورت خودکار توسط EMS روشن یا خاموش می‌شود و هر وقت که H-O-A در حالت دستی باشد، سیستم به صورت دستی روشن و خاموش می‌شود.

به محض دریافت سیگنالی برای شروع به کار هواساز، قبل از روشن شدن فن‌ها، دمپر جداکننده/دود فن تغذیه طبقات داغ و سرد و همین‌طور دمپر هوای برگشتی باز می‌شوند و دمپر هوای تخلیه و دمپر هوای اکونومایزر بسته می‌شوند. سنسور دمپرهای جداکننده/دود فن تغذیه برای طبقات سرد و گرم نشان می‌دهند که دمپرها باز هستند و اجازه روشن شدن فن‌ها را می‌دهند.

هنگامی که فن تغذیه و فن برگشت، مقادیر مورد نیاز فشار استاتیک سیستم را تامین کردند، دمپر هوای تازه باز می‌شود و EMS، دمپرها، شیرهای پیش‌گرمایش، شیرهای بازگرمایش و شیرهای آب سرد را به ترتیب تنظیم می‌کند تا دمای تنظیمی هوای دهش فراهم شود.

هنگامی که فرمان خاموش شدن فن دریافت می‌شود، تا زمانی که فن از کار بیفتد رله‌های تاخیر زمانی غیرقابل کنترل، جلوی بسته شدن دمپر جداسازی را برای مدت 30 ثانیه می‌گیرند (قابل تنظیم). این کار مانع افزایش فشار در موقع کاهش دور شده و از آسیب دیدن فن به خاطر فشار استاتیک بالا جلوگیری می‌کند.

کنترل سرعت فن

بخشهای هوای تغذیه و برگشت، اطلاعات مربوط به دبی هوا را به سیستم EMS می‌دهند. EMS، سنسورهای فشار استاتیک هر کدام از کانالهای طبقات داغ و سرد (نصب شده در دو سوم پایین دست جریان) را بررسی می‌کند. در حالت شروع به کار، فن تغذیه به آرامی تا مقدار لازم دور می‌گیرد تا فشار استاتیک تنظیم شده را براساس مقدار کوچک‌تر از بین دو سنسور حفظ کند. دور فن هوای برگشت، برای حفظ حداقل حجم هوای تازه تعیین شده تغییر می‌کند(براساس اندازه‌گیری دبی هوای برگشت و تغذیه). در مواقعی که دو فن وجود دارد، اگر فن تغذیه یا فن برگشت نقص پیدا کند، فن دیگر هم باید خاموش شود.

برای راه‌اندازی مجدد فن معیوب، باید از قسمت ورودی سیستم EMS فرمان داده شود. در هنگام راه‌اندازی مجدد، سیستم به ترتیبی که در حالت شروع به کار ذکر شد، راه‌اندازی می‌شود.

کنترل دما

دمای دهش طبقه سرد به ترتیب توسط تنظیم شیرهای کویل پیش‌گرمایش، دمپرهای اکونومایزر و شیرهای آب سرد تنظیم می‌شود. هر چه دمای دهش طبقه سرد بیشتر شود، شیر پیش گرمایش بیشتر بسته می‌شود. اگر دما باز هم افزایش پیدا کرد و اگر هواساز در حالت اکونومایزر باشد، دمپر اکونومایزر بر روی هوای تازه باز می‌شود. اگر دمپرهای اکونومایزر کاملا باز شده باشند ولی باز هم دما افزایش یابد، شیرهای آب سرد باز می‌شوند. در حالتی که دما کاهش یابد این روند عکس می‌شود. اگر دمپر اکونومایزر کاملا باز است و دما همچنان افزایش می‌یابد شیرهای آب سرد باز می‌شوند. اگر دمای هوای دهش طبقه سرد کاهش یابد این عملیات به صورت معکوس انجام می‌شود.

حالت اکونومایزر از طریق مقایسه آنتالپی هوای برگشت با آنتالپی هوای تازه فعال می‌شود. اگر آنتالپی هوای تازه کمتر از آنتالپی هوای برگشت است، هواساز در حالت اکونومایزر خواهد بود و دمپرها برای حفظ دمای دهش هوا به طوری که نیاز است تنظیم می‌شوند. اگر آنتالپی هوای تازه بیشتر از آنتالپی هوای برگشت باشد، حالت اکونومایزر غیرفعال می‌شود و دمپر هوای تازه همچنان برای تامین حداقل هوای تازه باز می‌ماند.

دمای هوای دهش طبقه گرم از طریق تنظیم شیرهای بازگرمایش حفظ می‌شود. دمای

دهش طبقه گرم به طور خطی براساس دمای هوای تازه، ریست می‌شود.

رطوبت‌زنی مرکزی

برای حفظ رطوبت نسبی هوای دهش، از رطوبت‌زن استفاده می‌شود. هنگامی که رطوبت هوا افزایش می‌یابد، شیر رطوبت‌زن بسته می‌شود. در حالتی که رطوبت هوا کاهش یابد، عملکرد شیر برعکس خواهد بود. اگر رطوبت هوای دهش از ۹۰٪ بیشتر شود (قابل تنظیم) یک رطوبت‌بان، سیگنال رطوبت‌زن را قطع می‌کند. هنگامی که از کویل آب سرد استفاده می‌شود، شیر رطوبت‌زن بسته باقی می‌ماند. به محض افت جریان هوا، یک سوییچ فشار استاتیک، شیر کنترل رطوبت زن را خواهد بست.

ایمنی

تمام وسایل ایمنی هواسازها غیرقابل تنظیم و مستقل از سیستم EMS هستند. این وسایل از طریق دستگاه‌های حفاظتی غیر قابل تنظیم، دستگاه را خاموش کرده و از طریق صفحه ورودی EMS به اپراتور هشدار می‌دهد.

محافظت از یخ‌زدگی

یک ترموستات حد پایین که در خروجی فن نصب شده است، هنگامی که دمای ۳۸°F (۳°C) (قابل تنظیم) را حس کند، فن‌های تغذیه وتخلیه را غیرفعال کرده و دمپرهای جداکننده و هوای تازه را می‌بندد و شیرآب سرد را کاملا باز می‌کند.

فشار استاتیک کانال

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای دهش که قبل از دمپر دود/جداکننده هوای تغذیه طبقات سرد و داغ قرار می‌گیرد، فن تغذیه و ورودی سیستم کنترل را به محض دریافت فشاری بالاتر از فشار تنظیم شده قطع می‌کند.

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای تازه، به محض احساس فشار استاتیک پایین‌تر از فشار تنظیمی، فن تغذیه و ورودی سیستم کنترلرا قطع می‌کند.

سوئیچ ایمنی فشار استاتیک هوای برگشت که قبل از فن برگشت قرار می‌گیرد، فن و ورودی سیستم کنترل را به محض دریافت فشاری پایین‌تر از فشار تنظیم شده غیر فعال می‌کند.

حد بالای رطوبت

یک دستگاه کنترل رطوبت هوای دهش به محض احساس رطوبت ۹۰٪ (قابل تنظیم)، شیر رطوبت‌زن و ورودی سیستم کنترل را می‌بندد.

هشدار دود در جریان

هنگامی که آشکارسازهای دود مسیر تغذیه، جریان دود را حس می‌کنند، دمپرهای جداسازی/دود هوای تغذیه طبقات سرد و گرم، از طریق سیستم حفاظتی غیرقابل تغییر، بسته می‌شود. دمپر هوای تازه و فنهای جریان تغذیه و برگشت هم از طریق همین سیستم حفاظتی غیرفعال می‌شوند. هنگامی که آشکارساز دود به صورت دستی ریست شود، تمام عملکردهای هواساز به حالت طبیعی خود باز می‌گردد.

نکات:

- کنترل‌های دیجیتالی می‌توانند انعطاف‌پذیری و کنترل شدیدتری نسبت به کنترل‌های نئوماتیک ایجاد کنند. کنترل‌های دیجیتالی ابزار مناسبی برای دنبال کردن اطلاعات و همچنین عیب‌یابی هستند.
- با قرار دادن کویل‌های آب سرد در پایین دست فن تغذیه می‌توان از اختلال زود هنگام ناشی از سیستم ضد یخ زدگی جلوگیری کرد.
- برای جلوگیری از خیس شدن فیلتر نهایی توسط رطوبت‌زن، باید فاصله بین صفحه رطوبت‌زن بخار و فیلتر نهایی هر اندازه ممکن است بیشتر شود.
- می‌توان از طریق نصب نرم‌افزارها، ایمنی را تامین کرد ولی دستگاه‌های حفاظتی سخت-افزاری غیرقابل تغییر اعتماد پذیرترند، زیرا مشکلات خطای اپراتور و نرم‌افزار را رفع می‌کنند.
- تعیین اندازه میزان بازگرمایش و کانال طبقه گرم باید بر اساس حداکثر بار گرمایی و بازگرمایشی موجود در هنگامی که نیاز به سرمایش نیست انجام شود.
- کنترل رطوبت‌زدایی و سرمایش هوای تغذیه از طریق سیستم جریان داغ، ساده است ولی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست.
- می‌توان از کانال‌های توزیع سرعت-بالا یا سرعت-پایین برای یک سیستم دوکاناله استفاده کرد.

- سیستم‌های دو کاناله هوا در معرض ناپایداری بوده و نیاز به کنترل دقیق دمپرهای اختلاط طبقات سرد و گرم برای کارکرد مناسب دارند.

۱۰ ظوابط طراحی اتاق ها

۱۰-۱ اطلاعات کلی

این فصل، طراحی سیستم تعویض هوا برای فضاهای مختلف در مراکز درمانی را شرح می‌دهد. این طراحی به صورت عملی برای جلوگیری از حرکت هوا بین فضاها، رقیق کردن هوا، دفع بو و میکروارگانیسم‌های هوابرد و حفظ سطح مناسب رطوبت و دما، استفاده می-شود. طراحی باید به گونه‌ای انجام شود که نیاز به تعمیر و نگهداری بیش از حد نداشته باشد. (برای اطلاعات بیشتر به فصل ۱۱ مراجعه کنید).

اطلاعات فصل ٤، پیش‌زمینه‌ای برای تعویض هوای فضاهای مختلف در دسترس گذاشته است. اطلاعات موجود در فصل جاری شامل انواع دیفیوزرها، پیشنهادات طراحی، بارهای متداول و کاربرد سیستم تعویض هوا برای کنترل شرایط طرح داخل، کنترل عفونت و خنک-کاری دستگاه‌ها است. اطلاعات مربوط به فیزیک و شکل اتاق، کاربری آن، تجهیزات موجود، بار الکتریکی و نورپردازی و بار ناشی از حضور افراد و الزامات خاص کنترل عفونت در فصل ۳ آورده شده است.

۱۰-۲ معیارهای طراحی اتاق های بیمارستانی

۱۰-۲-۱ واحدهای مراقبت بیماران سرپایی

طراحی تعویض هوای اتاق بیماران تحت درمان دارویی/جراحی، برای بیمارانی با سیستم ایمنی تقریبا عادی در نظر گرفته شده که مریض را از ارگانیسم‌های هوابرد متداول حفظ کند. اتاقهای عمومی بیماران باید پارامترهای طراحی زیر را داشته باشد.

معمولا اتاق عمومی بیماران باید نسبت به راهرو فشار مثبت باشد.

اختلاف فشار باید بین اتاق نگهداری از بیماران و مناطق استریل مجاور، تاسیسات آلوده، دستشویی، رختکن یا اتاق ایزوله حفظ شود. این الزام در اصل برای محدود کردن ورود دود است، اما در محیط مراقبت عمومی، سود دیگر آن محدود کردن انتقال ارگانیسم‌های هوابرد به اتاق می‌باشد. هوا از دستشویی بیماران با نرخ بیش از L/s ۱۰ بر هر متر مربع تخلیه شود. هوای جایگزین به دستشویی ها (برای جبران هوای تخلیه شده) باید برابر یا کمی کمتر از هوای تخلیه شده باشد. تمام سرمایش لازم از سرمایش مرکزی هواساز تامین شود. از هیچ کویل آبی مانند فن کویل یا مشابه آن در اتاق استفاده نشود. اگر از پانلهای تابشی سرمایشی استفاده می‌شود، اطمینان حاصل شود که دمای آب خنک همیشه بالای دمای نقطه شبنم باقی می‌ماند. گرمایش را از طریق هوا یا پنل‌های تشعشعی صاف و صیقلی تامین کنید. از لوله‌های پره‌دار یا کانوکتور استفاده نشود. به کارایی دیفیوزر هوا کاملا توجه کنید. در صورت استفاده از دیفیوزر ضعیف، باید حداقل نرخ تعویض هوا، افزایش یابد. حجم کل هوای اتاق باید نسبت خوبی از هوای تازه داشته باشد. طول پرتاب دیفیوزر را طوری انتخاب کنید که هیچ ناحیه‌ای ساکن نماند. حجم هوایی فراهم کنید که کل بار گرماییی اتاق جبران شود (بار گرمایشی تلویزیون را هم محاسبه کنید).

۱۰-۲-۲ مرکز پرستاری

بار تجهیزات باید برای چهار کامپیوتر شخصی و دو مانیتور نظارت بر بیماران قلبی در نظر گرفته شود. هوای اتاق غذاخوری تخلیه شود به خصوص اگر آشپزخانه داشته باشد، هوای جبرانی باید از مرکز پرستاری تامین شود. برای استفاده کارکنان، دماسنجی دقیق بر روی یک ترموستات قابل تنظیم نصب شود.

۱۰-۲-۳ اتاق های ایزوله

اتاق‌های ایزوله عموما به دو نوع تقسیم می‌شوند: اتاق های ایزوله عفونی هوابرد (AII) برای بیمارانی که بیماری قابل انتقال هوابرد دارند و اتاق با محیط حفاظت‌شده (PE) برای بیمارانی که به ضعف سیستم ایمنی مبتلا هستند و به مراقبت در برابر عوامل عفونی هوابرد نیاز دارند. برای اتاق‌های AII، کارکرد سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع برای کنترل عفونت‌های میکروبی تولید شده توسط بیماران درون اتاق تنظیم می‌شود تا از شیوع عفونت به بیماران دیگر و پرسنل جلوگیری شود. در مورد اتاق PE، بیمار است که باید در

برابر عفونت‌های میکروبی محافظت شود. الزامات طراحی برای هر دو نوع اتاق ایزوله در زیر آورده شده است.

۱۰-۲-۴ اتاق های ایزوله عوامل عفونی هوابرد (AII)

این اتاق‌ها حجمی از هوا را فراهم می‌کنند که در آن ذرات هوابرد محاصره شوند، رقیق شده و به بیرون هدایت شوند. در تمامی اتاق‌ها دو ضابطه اصلی برای سیستم تعویض هوا وجود دارد:

۱) فشار منفی به نسبت تمامی فضاهای مجاور
۲) طراحی الگوی توزیع هوای درون اتاق متناسب با کنترل عفونت هوابرد

فشار هوای منفی

وجود اختلاف فشار منفی اتاق AII نسبت به راهرو می‌تواند حاکی از این باشد که تمام جابجایی هوا به درون اتاق است اما عواملی وجود دارد که ممکن است اجازه فرار هوا از اتاق AII را با وجود این شرایط به راهرو بدهند. یکی از این عوامل باز و بسته کردن در اتاق است که باعث صفر شدن فشار می‌شود. با رقیق کردن هوا و همچنین درزبند کردن کلیه سطوح و درهای اتاق می‌توان میزان انتقال هوا به فضاهای مجاور را به حداقل میزان ممکن رساند. همچنین با قرار دادن یک پیش‌اتاق بین اتاق ایزوله و راهرو، می‌توان شرایط قفل کردن هوا را فراهم نمود و در شرایط باز و بسته شدن درها از انتقال آلودگی به راهرو جلوگیری نمود. طراح تاسیسات باید با معمار برای هوابند کردن اتاق AII همکاری کند تا اختلاف فشار ۲/۵ Pa (۰/۰۱ in. w. g.) و یک دبی حجم هوای ثابت، حفظ شود.

الگوی توزیع هوا

هدف سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع در داخل اتاق ایزوله، برقراری جریان هوایی است که خطر ابتلای افراد سالم (که برای ملاقات آمده اند یا کارکنان) را کاهش دهد. دیدگاه طراحی پیشنهادی، اختلاط حداکثری هوا و راندمان بالای رقیق‌سازی و در نتیجه حذف حداکثری میکروارگانیسم‌ها است.

به دلیل نرخ تعویض هوا در اتاقهای ایزوله AII، برقراری جریان جهت‌دار (از سمت تمیز به سمت آلوده) در این فضاها غیر عملی است. رویکرد بهینه طراحی، بر سودمندی اختلاط هوا و رقیق

کردن هوای تعویضی بدون مبادرت به ایجاد جریان جهت‌دار تاکید می‌کند. بر این اساس، باید با به حداقل رساندن غلظت میکروارگانیسم‌های هوابرد، از افراد محافظت کرد. با استفاده از دیفیوزر سقفی مناسب، با طول پرتاب افقی کافی که به دورترین دیوار هم می‌رسد و با دریچه‌های تخلیه سقفی، می‌توان راندمان تعویض هوا را به حداکثر رساند. دریچه تخلیه اگر در بالای تخت بیمار قرار گیرد می‌تواند تاثیر کلی سیستم را به دلیل قرار گرفتن در مسیر سرفه بیمار، افزایش دهد.

مقدار کافی هوای رفت برای رسیدن به سرمایش مورد نیاز اتاق فراهم کنید. با در نظر گرفتن دو نفر داخل اتاق، چراغ‌ها، بار خورشید، هدایت دیوارها و احتمالا تلویزیون، بار سرمایی به راحتی از ۱۲۰۰ W (٤۰۰۰ Btu/hr) تجاوز می‌کند. این میزان بار سرمایی به حدود ۹۰ L/s (۱۸۵ CFM) هوا با دمای ۱۳ درجه سلسیوس (۵۵ درجه فارنهایت) نیاز دارد.

در این نوع اتاق‌ها تخلیه هوا باید بیشتر از میزان تامین هوای تازه باشد. جریان هوای رفت یا هر دو جریان هوای رفت و تخلیه باید به وسیله سنسور اختلاف فشار کنترل شوند. اگر سنسور فشار، فشار نسبی اتاق نسبت به فضای بیرون را اندازه گیری می کند، کنترل بر روی ۲/۵ Pa (۰/۰۱ in. w. g.) تنظیم می‌شود.

برای هشدار به کادر بیمارستان درباره افت فشار، سیستم هشداری نصب شود. هوای رفت اتاق نباید الزاما ۱۰۰٪ هوای بیرون باشد. هوای رفت در سطح فضای بیماران عمومی فیلتر شود.

هوای تخلیه باید به طور مستقیم به بیرون هدایت شود. دریچه‌های تخلیه را در بالای تخت بیمار در نظر بگیرید. دیفیوزر رفت را در وسط اتاق یا کمی متمایل به در ورودی قرار دهید. از دیفیوزرهایی با دبی و کارایی بالا استفاده کنید. هوا در اتاق باید به خوبی پخش شده باشد. در صورت استفاده از دریچه تخلیه دیواری (که در ارتفاع پایین قرار می‌گیرد)، پتانسیل گرفتگی به دلیل پرز لباس ... را دارد. عدم موفقیت در تمیز نگهداشتن دریچه تخلیه، عموما سبب تنظیم فشار بیش از حد در اتاقهای AII شده و اثرات منفی بر کنترل بیماری‌های عفونی خواهد داشت.

حجم واقعی جریان هوا در این اتاق‌ها به شدت وابسته به بار سرمایشی و میزان نشتی آن فضاست. اگر نیاز سرمایشی کمتر باشد، تعداد دفعات تعویض حجم هوا می‌تواند کمتر باشد (حداقل ۱۲ بار تعویض هوا در هر ساعت). اگر اندازه نشتی بیشتر باشد، تعویض هوا باید بیشتر باشد تا اختلاف فشار ۲/۵ Pa (۰/۰۱ in. w. g.) حفظ شود.

۱۰-۲-۵ اتاق های با محیط محافظت شده (PE)

اتاق‌های با محیط محافظت شده شامل اتاق‌های پیوند مغز استخوان، تومورشناسی، خون‌شناسی و اتاق‌هایی است که بیماران در آن سیستم ایمنی ضعیفی دارند. اتاق PE اهداف بسیار متفاوتی با اتاق AII دارد.

در حالی که اتاق‌های AII به دنبال حفاظت از افراد سالم و جمعیت خارج از اتاق‌ها در برابر منابع بالقوه آلودگی (بیماران) هستند، اتاق PE به دنبال حفاظت از بیماران در برابر تمام آلاینده‌های محیطی است. برخی از این عوامل محیطی می‌توانند برای سیستم ایمنی عادی بی‌خطر باشند. در تمامی اتاق‌های PE دو ضابطه اصلی برای سیستم تعویض هوا وجود دارد:

۱) فشار هوای اتاق کنترل می‌شود. در این مورد فشار نسبت به فضاهای مجاور، مثبت می‌شود.

۲) الگوی توزیع هوا در اتاق به نحوی است که مناسب برای کنترل عفونت هوابرد بوده و در این مورد باعث حفاظت از بیمار می‌شود.

فشار هوای مثبت

حفظ فشار مثبت، نیازمند کنترل مداوم میزان فشار و نصب سیستم هشدار است. اتاق-های PE را به منظور کاهش نشت هوا درزبندی کرده و اختلاف دبی هوا را به منظور حفظ فشار نسبی ۲/۵ Pa (۰/۰۱ in. w. g.) ، تنظیم کنید. به عنوان نمونه با نشتی ۲۲۶ سانتیمتر مربع (۳۵ اینچ مربع)، اختلاف حجم هوا باید ٤٧ L/s (۱۰۰ CFM) باشد. بنابراین فضای توالت و فضای اتاق انتظار مجاور باید به میزان ٤٧ L/s (۱۰۰ CFM) تخلیه شوند.

الگوی توزیع هوا

استفاده از جریان جهت‌دار توصیه می‌شود که در آن هوا با سرعت پایین (۰/۵ m/s fpm) ۱۰۰) یا کمتر) از دیفیوزر سقفی تامین می‌شود. از دیفیوزر یک‌طرفه مناسب با فیلترهای هپا در داخل دیفیوزر استفاده کنید. هوا از سطح کف و نزدیکی در ورودی اتاق خارج می‌شود. هدف از این کار پاک کردن عمودی هوا به سمت پایین و حوزه تنفسی بیماران با جمع کردن آلاینده‌ها از سطح پایین اتاق و تخلیه آنها از طریق تخلیه است.

این رویکرد معمولا به منظور پاک‌سازی محیط بیماران نیازمند جریان هوای بیشتری

نسبت به اتاق‌های عمومی است. در هنگام سرمایش، انباشت هوا بر روی تخت بیماران، مزیت ایجاد می‌کند، اما برای گرمایش، هوا باید به صورت اجباری تا سطح تخت با سرعت ۰/۲۵–۰/۳۵ m/s (۵۰–۷۵ fpm) پایین بیاید.

۱۰-۲-۶ واحد مراقبت های ویژه

محیط واحد مراقبت‌های ویژه، اثرات زیادی در بهبود بیماران حادثه دیده دارد. هوا در واحد مراقبت‌های ویژه باید تا حد امکان استریل و سرعت آن پایین باشد. بیماران زخمی و مجروح واحد مراقبت‌های ویژه، مستعد پذیرش آلودگی‌های محیطی هستند. تجهیزات گرمایشی با کویل‌های فین‌دار می‌توانند انتقال‌دهنده میکروب باشند، به این ترتیب که گرد و غبار و کثافات بیمارستانی در پره‌ها جمع شده، به فضاها منتقل شده و در هوای محیط پخش می‌شوند. کانکتورهای فین‌دار نباید در واحد مراقبت‌های ویژه استفاده شود. اگر گرمایش محیطی لازم است، از پنلهای تشعشعی سقفی یا دیفیوزرهای خطی با دهش هوای داغ به سمت پایین پنجره استفاده شود.

ICU عمومی

طراحی این اتاق مشابه با اتاق مراقبت از بیماران است با این تفاوت که نرخ تعویض هوای بالاتری دارد. اتاق ICU که یک اتاق AII هم محسوب می‌شود باید براساس معیارهای اتاق AII طراحی شود.

مراقبت ویژه جراحات (بخش سوانح و سوختگی)

این نوع اتاق نیازمند کنترل دقیق رطوبت است. سطح رطوبت نسبی در محدوده ٤٠–٦٠٪ نگه داشته شود. سرعت هوا در سطح بستر بیمار باید زیر ۰/۲۵ m/s (۵۰ fpm) باشد. در سراسر فضا، جریان هوا به صورت جهت‌دار پخش شود. از دیفیوزرهای سقفی یک‌طرفه و فیلترهای هپا درون دیفیوزر استفاده کنید. از برگشت دیواری با ارتفاع کم استفاده کنید. اتاق باید همیشه فشار مثبت نگهداشته شود.

مراقبت ویژه نوزادان

در الگوی جابجایی هوا باید از سرعت بیشتر از ۰/۲۵ m/s (۵۰ fpm) در سطوح ایزوله پرهیز شود. از تجهیزات گرمایشی فین‌دار استفاده نشود. دریچهٔ برگشت باید در ارتفاع پایین و کنار دیوار قرار بگیرد.

اتاق معاینه

اتاق معاینه معمولا برای پاسخ به نیازهای سرمایشی نیاز به نرخ تعویض هوای بیشتری از اتاق مراقبت از بیماران دارد. محل قرارگیری رفت و برگشت در مقایسه با اتاق صدمات خیلی مهم نیست. ولی دستگاه توزیع باید طوری قرار بگیرد که فضا را کاملا پاک کند. دریچه های توزیع هوا می توانند از هر گروهی استفاده شوند.

اتاق گچ گیری (Cast room)

تعویض هوای خاص و تخلیه مناسب از الزامات این اتاق هستند و این به دلیل غلظت بالای گرد و غبار پلاستر در هوا است. فشار فضا باید منفی باشد. امروزه بیشتر قالب‌های گچ‌گیری، از الیاف شیشه و رزین اپوکسی ساخته می‌شوند. ممکن است به دلیل وجود گازهای فرار در ترکیبات، به سیستم تخلیه خاص نیاز باشد.

واحد پرستاری روانپزشکی

این فضا نیازمند توجه خاص به کنترل سطح صداست. از دیفیوزرهای مناسب استفاده کنید.

ورزش درمانی

دمای این فضاها باید پایین‌تر از سایر بخش‌ها باشد، بنابراین احتمالا نیاز به یک ترموستات اختصاصی است.

واحد کاردیولوژی

از استفاده تجهیزاتی که ممکن است با دستگاه‌های RF تداخل کنند، پرهیز کنید. این اتاق‌ها ممکن است به دلیل وجود مانیتورها و پتوهای گرمایی، بار سرمایشی نامتعارفی داشته باشند.

۱۰-۲-۷ بخش جراحی

اتاق عمل به عنوان فضایی بسیار خاص در مراکز درمانی به حساب می‌آید و محیط آن در میان بخش‌های درمانی بیماران منحصر بفرد است. این بخش جایی است که بیماران، به نسبت جاهای دیگر در معرض خطرات بیشتری قرار می‌گیرند. محیط احتمالا خطراتی را هم

برای کاربر و هم برای بیمار ایجاد می کند.

آلودگی عفونی محیطی از دو منبع ابتدایی حاصل می شود:

۱) میکروارگانیسم های هوایی ایجاد شده در اتاق عمل

۲) میکروارگانیسم های هوایی که بواسطه تهویه و نفوذ به داخل اتاق وارد می شوند.

بخش جراحی دربرگیرنده اتاق‌های عمل، اتاق‌های پیش‌استریل، آماده‌سازی قبل از عمل و بهبود و مراقبت‌های پس از عمل (ریکاوری) می‌باشد. کاربرد متداول مفهوم اتاق عمل اغلب دربرگیرنده اتاق جراحی و فضاهای فوق است. در برخی بیمارستانها فضاهای دیگر مانند رختکن، اتاق استراحت پزشکان، اتاق بیهوشی و حتی اتاق انتظار جراحی هم به مفهوم اتاق عمل اضافه می‌شود. هرچند محیط خاص اتاق عمل به قسمت جراحی محدود می‌شود.

اهداف کلی اتاق عمل

جراحان می‌خواهند که هوای اتاق عمل به اندازه کافی تمیز باشد تا باعث وخیم‌تر شدن آلودگی زخم بیماران نشود و دما و رطوبت قابل تحملی داشته باشد تا محیط کاری مطلوب برای تیم جراحی و محیطی مناسب برای بیماران فراهم شود. جراحان احتمالا رطوبت بالا در اتاق عمل را با دمای بالا اشتباه می‌گیرند و خواستار دمای پایین‌تر خواهند بود. در حالی که در حقیقت این عدم راحتی به خاطر رطوبت بیش از حد است.

اتاق عمل باید نسبت به راهرو و مناطق مجاور، فشار مثبت باشد. فشار مثبت باید حاصل ۱۰٪ تا ۱۵٪ اختلاف حجم هوای ورودی و خروجی باشد. از دیفیوزرهای سقفی با سرعت پایین و حجم جریان بالا استفاده کنید. ایجاد جریان جهت‌دار و آرام باعث کاهش احتمال آلودگی زخم‌های جراحی و هزینه‌های نگهداری می‌شود. دریچه‌های برگشت در ارتفاع پایین و کنار دیوار نصب شوند.

پارامتر کلیدی طراحی در توزیع جریان هوا، حفظ سرعت پایین در بخش جراحی است که دور شدن ذرات معلق، توسط جابجایی حاصل از گرمای زخم انجام می‌شود. سرعت در سطح دیفیوزرها نباید بیش از ۰/۱۵ m/s (۳۰ fpm) باشد. نباید بیش از ۸۰٪ هوای رفت توسط هواساز برگشت داده شود. دو مرحله فیلتراسیون فراهم شود (ابتدا با MERV 8 و پس از آن با MERV 15).

سطح رطوبت و دما، کنترل شده و امکان تنظیم دما و رطوبت توسط کارکنان اتاق عمل وجود داشته باشد. پیشنهاد می‌شود از رطوبت‌زن‌های کانالی ضد زنگ به همراه سیستم

تخلیه کندانس استفاده شود. جریان هوا باید جهت‌دار و از مناطق تمیز (شروع از بالای زخم) به سمت مناطق آلوده‌تر (مناطق پایین اتاق) باشد. سیستم تخلیه گاز بیهوشی، در هنگام استفاده از گازهای بیهوشی ضروری است. تخلیه گاز می‌تواند انشعابی از سیستم وکیوم پزشکی یا یک سیستم مجزای کانال کشی فشار-پایین باشد.

ریکاوری و مراقبت های قبل از عمل

این فضاها باید تصفیه مشابهی با اتاق عمل داشته باشند. آنها باید نسبت به راهرو فشار مثبت باشند. فضاهایی مانند مراقبت‌های قبل و بعد از عمل (ریکاوری) دارای بار گرمایی بالا ناشی از تجهیزات هستند. با استفاده از دیفیوزرهای سقفی مناسب و رعایت نرخ جریان هوای منطبق با جدول ٤-١ اختلاط هوای مناسبی را در این فضاها بوجود آورید.

استریلیزه کردن

اتاقهای استریل‌سازی باید برای حفظ فشار منفی نسبت به همه فضاهای مجاور، تخلیه هوا شوند. استفاده از اطلاعات سازنده برای به دست آوردن بار حرارتی استریل‌کننده‌ها استفاده کنید. دریچه تخلیه را مستقیما بالای در استریل‌کننده قرار دهید تا تمامی بخارات را تخلیه کند.

جراحی چشم

میکروسکوپ‌ها برای کار نیاز به محیط خاصی دارند و جراحی چشم نیز نیازمند سرعت هوای مشخصی در سطح چشم است. در ارتفاع سر بیمار سرعت هوا را زیر ۰/۲۵ m/s (۵۰ fpm) نگه دارید. میکروسکوپها نیازمند مهار کافی برای حذف ارتعاشات هستند. این مهاربندها ممکن است باعث اختلال و انسداد جریان هوا شوند.

جراحی قلب

باید پیش‌بینی‌های لازم برای حضور تجهیزات و کارکنان اضافی در اتاق‌های عمل قلبی-عروقی را انجام دهید. اتاق جراحی قلب به طور کلی بزرگتر از اتاقهای جراحی عمومی در نظر گرفته می‌شود. یک اتاق پمپاژ با دسترسی مستقیم معمولا در مجاورت اتاق جراحی قلب تعبیه می‌شود. به علت وجود تردد زیاد بین این دو اتاق، کیفیت هوا در اتاق پمپاژ برابر با اتاق جراحی در نظر گرفته می‌شود.

در برخی عمل‌های قلبی، جراحان درخواست می‌کنند که دمای اتاق به سرعت به پایین‌تر از دمای معمول (۲۰ درجه سلسیوس (٦٨ درجه فارنهایت)) پایین بیاید (تا ١٥/٦ درجه سلسیوس (٦٠ درجه فارنهایت)) یا ممکن است لازم باشد در برخی عملها دمای اتاق به سرعت تا ٢٥/٦ درجه سلسیوس (٧٨ درجه فارنهایت) بالا برود. به علت انرژی مورد نیاز برای انجام این تغییرات سریع، از سیستم های سرمایشی و گرمایشی کمکی استفاده می-شود.

کویل‌های سرمایشی کمکی می‌توانند برای سرمایش چنین اتاق‌هاییی مورد استفاده قرار گیرند. چنین کویل هایی ممکن است نیازمند محلول آب-گلیکول برای کار در زیر نقطه انجماد آب باشند تا دمای لازم فراهم شود.

جراحی مغز

اتاق عمل در جراحی مغز به طور معمول به بزرگی اتاق‌های جراحی ارتوپدی و جراحی قلب است. در واقع، در بسیاری از بیمارستان‌ها از یک اتاق عمل بزرگ برای انجام هر سه نوع عمل جراحی استفاده می‌کنند. خصوصیات هواساز بخش جراحی ارتوپدی، قلب و مغز و اعصاب تقریبا مشابه هم است. استفاده از ریلهای سقفی برای نصب دستگاه‌ها (مثلا میکروسکوپ) پیشنهاد نمی‌شود زیرا این دستگاه‌ها هنگام حرکت روی سقف، خطر افتادن ذرات به ناحیه استریل را فزایش می‌دهند. راه پیشنهادی برای نصب میکروسکوپ بالاسری، استفاده از یک غلاف متصل به سقف است که بازویی دارد که مکان میکروسکوپ را تغییر می‌دهد.

جراحی با لیزر

هر عملی که ذرات معلق در هوا تولید می‌کند (مانند دود ناشی از جراحی با لیزر) باید مستقیما از نزدیکترین محل به منبع تولید ذرات، تخلیه شود. سیستم تخلیه موضعی اغلب شامل لوله‌های انعطاف‌پذیر و یک قیف مکنده است که برخی اوقات به آن تخلیه لوله‌ای می-گویند.

ارتوپدی

جراحی ارتوپدی نیازمند اتاق و فضای بزرگ بوده و به نرخ جریانی بالاتر از بار سرمایی داخلی نیاز دارد. این فضا طیف وسیعی از دماها را تجربه کرده و بار سرمایی داخلی بالایی به واسطه رفت و آمد افراد، چراغ ها و تجهیزات دارد. برخی جراحی‌ها به

جریان آرام یا سیستم های مشابه اتاق تمیز (عمودی یا افقی) با نرخ جریان هوای بالا نیاز دارند. مطمئن شوید که سرعت جریان در محل جراحی پایین است.

پیوند عضو

در اتاق پیوند، نگرانی‌های تعویض هوا بیشتر است. در حین پیوند عضو، زخم‌ها زمان زیادی باز هستند و برای انجام پیوند، سیستم ایمنی افراد به طور عمدی مختل می‌شود. این اتاق‌ها معمولا بزرگ بوده و به دو قسمت تقسیم می‌شوند: یک قسمت برای اهدا کننده و قسمت مجاور برای پذیرنده عضو در نظر گرفته می‌شود. این اتاق‌ها بیشترین بار سرمایی داخلی را به واسطه روشنایی، رفت و آمد افراد و تجهیزات دارا هستند. ممکن است تعداد افراد داخل اتاق به ۱۲ نفر هم برسد. علاوه بر دستگاه بیهوشی، این اتاق نیازمند دستگاههای پمپ خون و پتوهای گرمایی است. در حین عمل، ممکن است ضروری باشد تا دما سریعا تا ۱۸ درجه سلسیوس (٦٥ درجه فارنهایت) کاهش یابد. معمولا دمای ۷ درجه سلسیوس(٤٥ درجه فارنهایت) برای هوای رفت جهت تامین این دمای پایین لازم است. عموما برای پایین آوردن دمای هوای رفت از کویل سرمایی کمکی استفاده می‌شود.

۱۰-۲-۸ مرکز صدمات/اورژانس

اتاق های اورژانس

به عنوان یک نقطه ورود کنترل نشده در بیمارستان، واحد اورژانس یک محل بالقوه تماس برای انتقال بیماری محسوب می‌شود. اتاق انتظار واحد اورژانس نیازمند ملاحظات خاص از جمله جریان هوای جهت‌دار با حجم هوای بالا و تخلیه دیواری نزدیک به کف است. برخی از واحدهای اورژانس دارای اتاق‌های استریل‌سازی بلافاصله بعد از ورودی هستند که نیازمند تخلیه مجزا می‌باشند.

اتاق صدمات (تروما)

هوا باید به طور مستقیم بالای تخت بیمار فراهم شود و دریچه‌های برگشت در دیوارهای اتاق جانمایی می‌شوند. برخی اوقات دریچه‌های برگشت در جهت مخالف و در کف اتاق قرار می‌گیرند. این طراحی برای ایجاد محیطی استریل در اطراف بیماران و کارکنان انجام می‌شود. اتاق صدمات معمولا به اتاق های دیگر راه داشته و تنظیم فشار فضا ممکن

نیست. از جریان جهت دار برای کنترل آلودگی استفاده کنید. هوا باید به سمت داخل این اتاق‌ها حرکت کرده و سپس به طور کامل تخلیه شود.

۱۰-۲-۹ تصویر برداری تشخیصی/رادیولوژی

اتاق عکس‌برداری

به واسطه گرمای ایجادشده به وسیلهٔ تجهیزات مختلف، برای حفظ شرایط آسایشی معمولا به جریان هوای رفت و نرخ تعویض هوای قابل توجهی نیاز است. از سیستم توزیع سقفی استفاده شده و ملاحضات خاص برای کم کردن کوران هوا در اطراف بیمار اندیشیده شود. اگر پوشش سربی ضد اشعه در طول سقف امتداد یافته است، محل دریچه ها نیز نیازمند حفاظت است.

ام آر آی

الزامات دما و رطوبت با وجود کثرت وسایل الکترونیکی تشدید می‌شود که این امر معمولا نیازمند واحدهای تهویه مطبوع هوا به سبک اتاق‌های سرور است. افزودن کویل آب سرد کمکی به واحد یکپارچه DX بهترین روش برای جبران افزایش مورد نیاز است. تهویهٔ MRI و فضای وابسته به وسیلهٔ سیستم تهویه مطبوع معمولی ساختمان انجام می‌شود. برخی از سیستمهای MRI نیازمند سیستم سرمایش آب سرد برای مغناطیس داخل آن هستند. تجهیزات هوایی در تمام فضا باید غیر آهنی بوده و معمولا آلومینیومی هستند. تقریبا غیر ممکن است که طراحی اتاق MRI و فضاهای پشتیبانی آن را با نرخ تعویض هوای معمول انجام داد.

سی تی اسکن

سیستم تهویه مطبوع، همانند بخش MRI بوده و بار سرمایی حداکثر معمولا باید مبنای طراحی قرار گیرد.

۱۰-۲-۱۰ سایر بخش ها

دیالیز کلیوی

به علت تمرکز افراد و تجهیزات در این بخش، تامین هوا در منطقه دیالیز کلیوی معمولا بیشتر از اتاق نگهداری بیماران است. موقعیت دریچه هوای رفت حایز اهمیت است زیرا بیماران در صندلی‌های مورب در طول درمان قرار می‌گیرند. سرعت هوا را در صندلی‌های

درمان زیر ۰/۲۵ m/s (۵۰ fpm) حفظ کنید. بیماران دیالیزی اغلب بدنی سرد دارند زیرا مثل بیماران دچار کم خونی، به خاطر شرایط منحصر به فردشان بی‌تحرک هستند. کارکنان به طور معمول به خاطر جابجایی مداوم درطول منطقه درمان و مراقبت از بیماران گرمشان می‌شود. منطقه جداگانه کنترل برای میز کارکنان و صندلی بیماران فراهم کنید.

بخش سیستوسکوپی

اتاق سیستوسکوپی ممکن است در مناطق مختلفی از بیمارستان قرار گرفته باشد. این اتاقها باید تهویه کافی داشته باشند تا بتوانند بار سرمایشی تجهیزات را خارج کنند (که احتمالا دربرگیرنده تجهیزات فلورسکوپیک است). در صورتی که این اتاق در بخش جراحی قرار گرفته باشد باید فشار مثبت باشد. در هر جای دیگر اتاق احتمالا باید خنثی یا کمی منفی باشد. صرفنظر از محل قرارگیری اتاق با تخلیه تمام هوا به خارج، بو را کنترل کنید.

آندوسکوپی

محل آندوسکوپی احتمالا نیازمند تجهیزات خاصی برای پاکسازی موضعی و ذخیره آلودگیها است. این فضا باید به نسبت همهٔ فضاهای مجاور فشار منفی باشد. باید هوا کاملا به خارج تخلیه شود. توزیع هوای سقفی باید با تامین هوا که به طور مستقیم در بالای میز آندوسکوپی واقع شده و دارای دریچه های خروجی در اطراف است به کار گرفته شود.

تنفس-درمانی

این فضا دربرگیرنده تجهیزات جمع‌آوری خلط سینه و انجام عملیات پنتامدین[۱] است که در هر دوی آنها احتمالا نیازمند هود تخلیه برای بیماران است. اگر از هود استفاده شود، ممکن است که هوا با فیلتر هپا بازگردانی شده یا از طریق ونت تخلیه شود.

سردخانه اجساد و کالبد شکافی

فضای نگهداری جسد نیازمند فشار منفی است. هوای این فضا باید کاملا تخلیه شده و تامین کنندهٔ سرعت از ۰/۲۵ m/s تا ۰/۳۸ m/s (۵۰-۷۵ fpm) بر روی میز باشد. از دریچه-های دیواری تخلیه در ارتفاع کم استفاده کنید. تعویض هوا باید به خوبی باعث کاهش سطح

---

[۱] Pentamadine

غلظت کلی در اتاق شود. برای گرد و خاک حاصل از استخوان ها باید از تخلیه لوله‌ای با فیلتر هپا استفاده شود.

محل پردازش فیلم رادیولوژی

بخش‌های مدرن رادیولوژی از روش پردازش شیمیایی فیلم استفاده نمی‌کنند. تجهیزات جدید فیلم بیشتر شبیه دستگاههای فتوکپی بزرگ بوده و نیازمند تهویه خاصی به جز برای خروج گرمای ایجاد شده نیستند.

محل نگهداری فیلم رادیولوژی

از رطوبت‌زن‌های ویژه برای محل نگهداری فیلم رادیولوژی استفاده کنید. رطوبت‌زن ممکن است قابل حمل یا کانالی باشد.

۱۱ تعمیر و نگهداری

۱۱-۱ مقدمه

ساخت یک بنا فقط درصد کمی از هزینه‌های ساختمان را در طول عمر آن دربرمی‌گیرد. به عبارت دیگر، هزینه‌های جاری، سهم عمده‌ای از کل هزینه را شامل می‌شود و بر این مبنا، تعمیر و نگهداری نامناسب تجهیزات می‌تواند به معنی نادیده گرفتن بزرگترین مولفه هزینه ساختمان باشد. در حقیقت این به معنی اتلاف بودجه برای تعویض تجهیزات و مصرف بالاتر انرژی است. بدتر از آن می‌تواند به معنی توقف ناگهانی (حتی ایجاد مشکل در درمان بیمار) به دلیل خرابی سیستم مکانیکی و تجهیزات باشد که در مراکز درمانی قابل قبول نیست.

تعمیر و نگهداری در مراکز درمانی می‌تواند از راه‌های متفاوتی انجام شود. بسیاری از مراکز، تیم تعمیر و نگهداری درون‌سازمانی دارند که حداقل‌هایی را برای نگهداری جامع از سیستم‌های فنی پیچیده فراهم می‌کنند. در برخی مراکز، حداقل‌ها توسط تیم درون‌سازمانی و بقیه اقدامات توسط افراد برون‌سازمانی (معمولا اقدامات مرتبط با طول عمر و ایمنی) انجام می‌شود. روش دیگر، نگهداری یک بخش به صورت کاملا برون‌سازمانی است. هدف از این فصل، نشان دادن اهمیت و چگونگی تعمیر و نگهداری در ساختمانهای درمانی است.

برای وظایفی که تیم درون‌سازمانی از عهده آن بر نمی‌آیند، باید از پیمانکاران یا مشاوران بهره گرفته شود. باید تضمین شود که پیمانکار بهترین عملیات نگهداری را به کار می‌برد و آموزش ویژه دیده است. برای صرفه‌جویی در زمان و پرهیز از مشکلات بعدی، باید اطمینان حاصل شود که پیمانکار هر دو فرایند تشخیص و تعمیر را می‌تواند فراهم کند. در نهایت، جهت تضمین اینکه مشکلات ریشه‌یابی خواهند شد، پیمانکاری باید انتخاب گردد

که دید همه‌جانبه از ساختمان داشته باشد. یک برنامه تعمیر و نگهداری مناسب لازم است تا تضمین شود که ساختمانها و سیستمهای درمانی کارکرد قابل قبولی دارند و هدف اصلی یعنی مراقبت از بیمار را تامین می‌کنند. توصیه می‌شود بهره‌بردار، گروه‌های تعمیر و نگهداری را با هماهنگی پیمانکار ساخت، مشخص کند و آموزشهای لازم در زمان تحویل موقت به تیم تعمیر و نگهداری داده شود. همچنین در این مرحله کلیه مدارک فنی لازم در اختیار تیم تعمیر و نگهداری قرار گیرد.

۱۱-۲ نگهداری

هر وسیله‌ای که قسمتهای متحرک دارد، عاقبت می‌شکند یا خراب می‌شود. یک بیمارستان، مانند دیگر ساختمانها، نیاز به نگهداری دارد. زمانی، نگهداری به عنوان یک فرایند غیرقابل‌کنترل با هزینه هنگفت در بهره‌برداری از بیمارستان‌ها مطرح بود. در شرایط حاضر با توجه به فشار بر هزینه‌های جاری و تلاش برای کاهش این هزینه‌ها، روشهای نگهداری باید به دقت بازبینی شود. پذیرش ناآگاهانه برنامه‌های تعمیر و نگهداری از قبیل پیاده‌سازی چیلر یا اقدامات پیشگیرانه براساس بازه‌های زمانی کوتاه، می تواند بسیار پرهزینه باشد. همچنین اگر نگهداری فقط وقتی انجام شود که تجهیزات خراب شود (نگهداری واکنشی) می-تواند باعث صدمات غیرقابل جبران شود.

چهار روش معمول برای نگهداری شامل روشهای واکنشی، پیشگیرانه، پیشگویانه و پویشگرایانه است که در طول سالها با پیشرفت در سیستم‌های تشخیص متحول شده است.

توضیحات بیشتر درباره روشهای نگهداری در ادامه آمده است.

۱۱-۲-۱ نگهداری واکنشی

نگهداری واکنشی، روشی است که در آن تجهیزات فقط در صورت خرابی، تعویض می-شوند. نگهداری واکنشی برای تجهیزات غیرحیاتی به طور کامل قابل قبول است؛ چرا که هزینه تعویض یا تعمیر تجهیزات، کمتر از هزینه نظارت بر آن یا پیش‌گیری از مشکلات است. برای مثال در موتوری که هزینه تعویض آن پایین است یا در مورد تعویض سایر وسایل ارزان قیمت مانند لامپها، این گزینه مناسب است. معایب این روش به شرح زیر است:

خرابی پرهزینه

ماشین‌آلات اغلب با هیچ هشداری خراب می‌شوند، بنابراین دستگاه تا زمانی که قطعات

تعویضی برسد، خارج از سرویس خواهد بود. اگر وجود دستگاه برای آن محیط حیاتی باشد، درمان بیمار نیز مختل می‌شود. علاوه بر این در صورتی که پیدا کردن قطعات سخت باشد، دوره خارج از سرویس بودن طولانی خواهد بود. حتی تجهیزات ارزان قیمت می‌توانند تعطیلی ایجاد کرده و از نظر اقتصادی، تاثیر منفی چشمگیری داشته باشند.

افزایش هزینه‌های نگهداری

خرابی‌های غیرقابل انتظار ممکن است به اضافه‌کاری‌های پرهزینه برای تعمیرات اضطراری بیانجامد. هزینه قطعات افزایش می‌یابد چرا که ممکن است نیاز به تحویل سریع بوده و زمان کافی برای تعیین قیمت رقابتی وجود نداشته باشد. بعلاوه، زمانی که انتظار خرابی نمی‌رود، خرابی‌ها به احتمال زیاد شدیدتر است و امکان صدمه دیدن یا خرابی دیگر قطعات نیز وجود دارد. درست مانند یک تسمه تایم خراب در خودرو که می‌تواند باعث خرابی سوپاپها شود، یک یاتاقان خراب هم می‌تواند به شفت‌ها، کوپلینگ‌ها، پروانه‌ها، محفظه‌ها، پره‌های فن و جعبه‌دنده آسیب برساند.

خطرات ایمنی

خرابی تجهیزات، بویژه فن‌های محوری می تواند به اشخاص نزدیک آن صدمه برساند. برای مثال، قطعات پره فن می‌تواند از کانال خارج شود.

۱۱-۲-۲ نگهداری پیشگیرانه

نگهداری پیشگیرانه شامل نگهداری برنامه‌ریزی‌شده یا اقداماتی در بازه‌های زمانی معین است. این امر مانند تعویض روغن خودرو هر ۵۰۰۰ کیلومتر یا تعویض تسمه تایم هر ۱۰۰۰۰۰ کیلومتر است که در یک سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، مواردی مانند تعویض روغن و فیلتر و تمیزکاری تجهیزات، نگهداری پیشگیرانه محسوب می‌شود.

نگهداری پیشگیرانه از بسیاری مشکلات روش واکنشی جلوگیری می‌کند ولی متاسفانه، نگهداری پیشگیرانه نیز معایب زیر را به همراه دارد:

اغلب با اتلاف سرمایه همراه است

در نگهداری پیشگیرانه معمولا تجهیزاتی تعویض می‌شود که ممکن است هنوز عمر مفید

طولانی مدتی داشته باشند. تسمه تایم خودرو ممکن است تا ۱۵۰۰۰۰ کیلومتر دوام داشته باشد، بنابراین تعویض آن در ۱۰۰۰۰۰ کیلومتر برای جلوگیری از خرابی ممکن است اتلاف سرمایه باشد. به طور مشابه، پیاده‌سازی چیلر که غیرضروری برنامه‌ریزی شده است، بودجه زیادی را هدر داده و ممکن است به تعویض یاتاقان‌های کاملا سالم منجر شود.

از همه خرابی‌ها جلوگیری نمی‌شود

نگهداری پیشگیرانه در شناسایی برخی مشکلات ناتوان است. به طور مثال، اگر نشتی روغن، یک تسمه را سست کند، تسمه جدید نیز بلافاصله شروع به تجزیه شدن می‌کند. همچنین اگر نابالانسی یا غیر هم‌محوری باعث سایش یاتاقان شود، ممکن است یاتاقان‌ها قبل از موعد نگهداری بعدی خراب شوند.

می‌تواند مشکلات جدید ایجاد کند

نگهداری پیشگیرانه می‌تواند مشکلات جدیدی ایجاد کند. هر دمونتاژی احتمال اشتباهات حین مونتاژ مجدد یا خرابی زودهنگام قطعه جدید را ایجاد می‌کند. هر دو مورد می‌تواند به خرابی زودتر نسبت به زمانی‌که ماشین با قطعات اصلی خود کار می‌کرد، منجر گردد.

نیازمند موجودی انبار بزرگی است

این نوع نگهداری نیازمند موجودی زیادی از قطعات است تا بتوان تمام اشکالاتی که ممکن است در یک دستگاه ایجاد شود را درست کرد یا قطعاتی که حین یک پیاده‌سازی برنامه‌ریزی‌شده، نیاز است تامین شود.

۱۱-۲-۳ نگهداری پیشگویانه

در نگهداری پیشگویانه شرایط تجهیزات در زمان کارکرد آنها بررسی می‌شود. نیاز به سرویس را شرایط تجهیزات تعیین می‌کند نه بازه‌های زمان‌بندی‌شده. اگر هر تحلیلی مشکلات را نشان دهد، مسئولان تاسیسات می‌توانند تعمیرات را قبل از خرابی کلی، برنامه-ریزی کنند. شناسایی زودهنگام مشکلات به جلوگیری از تعطیلی غیر برنامه‌ریزی شده و هزینه‌های آسیب ثانویه، کمک می‌کند.

نگهداری پیشگویانه امکان بهره‌برداری از حداکثر عمر قطعات را فراهم می‌کند. انجام این امر، هزینه‌های نگهداری و تعطیلی را کاهش می‌دهد. در یک تاسیسات، نگهداری پیشگویانه به مدیران اجازه می‌دهد زمانی که تکنیک‌های پیشگویانه نشان می‌دهد که تجهیزات در شرایط

خوبی هستند، بازبینی‌های برنامه‌ریزی‌شده را حذف کنند.

جذابیت نگهداری پیشگویانه در سه مورد است: اول، مشکلات را قبل از وقوع خرابی‌ها آشکار می‌کند. دوم، بازه‌های سرویس را برای تجهیزات افزایش می‌دهد و در نهایت، شرایط تجهیزات حین کار تعیین می‌شود بدون اینکه دستگاه دمونتاژ شود. تکنیک‌های نگهداری پیشگویانه هزینه‌ها را با مشخص کردن زمان بهینه برای سرویس کاهش می‌دهد. به طور معمول از تکنیک‌های پیشگویانه زیر استفاده می‌شود که در بخش ۱۱-۳ به طور مفصل توضیح داده خواهند شد.

- آنالیز ارتعاشی
- بازرسی گرماسنجی مادون قرمز
- آنالیز جریان موتور
- آنالیز روغن
- آنالیز مبرد

۱۱-۲-۴ نگهداری پویشگرایانه

در نگهداری پویشگرایانه با تکیه بر روشهای پیشگویانه (مانند آنالیز ارتعاشی)، قطعات خراب شناسایی می‌شود. به عبارت دیگر، در این نوع نگهداری، بجای اکتفا کردن به دانستن زمان خرابی قطعات، منابع خرابی کاملا از بین برده می‌شود. برای مثال، به جای تعویض ساده یاتاقان‌های ساییده‌شده، نگهداری پویشگرایانه به دنبال حذف علت سایش است. با ریشه‌یابی خرابی فن و پمپ (برای مثال عدم‌توازن و ناهمترازی) روش پویشگرایانه هزینه-های تعطیلی را کاهش داده، مشکلات تکراری را از بین برده، عمر ماشین را افزایش داده، هزینه‌های انرژی را کاهش داده و روشهای سرویس ناکارامد را مشخص می‌کند.

۱۱-۲-۵ سیستم‌های نگهداری کامپیوتری

کامپیوتر می‌تواند در اجرای هریک از روشهای فوق مفید باشد. بیشتر بیمارستانهای مدرن، به برخی از سیستم‌های کامپیوتری مجهز هستند که در اجرای عملیات نگهداری روی یک سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، کنترل موجودی انبار قطعات و تخصیص نیروی متخصص در دسترس در انجام وظایف موردنیاز و... مفید هستند.

۱۱-۳ ابزار نگهداری مدرن

۱۱-۳-۱ آنالیز ارتعاشی

آنالیز ارتعاشی یکی از موثرترین تکنیک‌های آنالیز تجهیزات دوار است با این وجود در ایران کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آنالیز، زیربنای نگهداری پیشگویانه است چرا که محدوده وسیعی از مشکلات تجهیزات را قبل از خرابی کشف می‌کند:

- ناهمترازی و عدم‌توازن (که ٦٠ تا ٨٠ درصد مشکلات فن و پمپ را شامل می شود)
- تشدید و عیوب یاتاقان
- مشکلات تسمه و دنده
- مشکلات ایمپلر و قرقره
- شافتهای خمیده و لق
- مشکلات مربوط به جریان آب (کاویتاسیون و چرخش آب)
- مشکلات الکتریکی (مشکلات شینه[۱] روتور)

بزرگترین مزیت آنالیز ارتعاشی این است که مناسب‌ترین زمان برای رفع مشکلات ماشین را پیش‌بینی کرده و تعطیلی بدون برنامه‌ریزی را از بین می‌برد.

اجرای آنالیز ارتعاشی

آنالیز ارتعاشی نصب حسگرهای کوچک در موقعیت‌های از پیش‌تعیین‌شده روی تجهیزات منتخب است. یک تکنسین این حسگرها را به شتاب‌سنج[۲] متصل می‌کند. شتاب‌سنج داده‌ها را جمع‌آوری کرده و حرکت مکانیکی (ارتعاش) را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند. ترسیم این سیگنالها یک گراف تولید می‌کند که علامت مشخصه ارتعاشی نامیده می‌شود و به تکنسین اطلاع می‌دهد کدام اجزا ارتعاش می‌کنند و میزان ارتعاش چقدر است.

شکل ۱۱-۱ آنالیز ارتعاشی متداول برای یک چیلر را نشان می‌دهد. دامنه و فرکانس دو مشخصه ارتعاش هستند که برای تشخیص مشکلات تجهیزات بکار می‌روند. دامنه معرف مقدار ارتعاش است و شدت مشکل را نشان می‌دهد. هرچه دامنه بزرگتر باشد، مشکل نیز بزرگتر خواهد بود. دامنه برحسب اینچ بر ثانیه (ips)، میزان جابجایی یا شتاب g، اندازه‌گیری می‌شود.

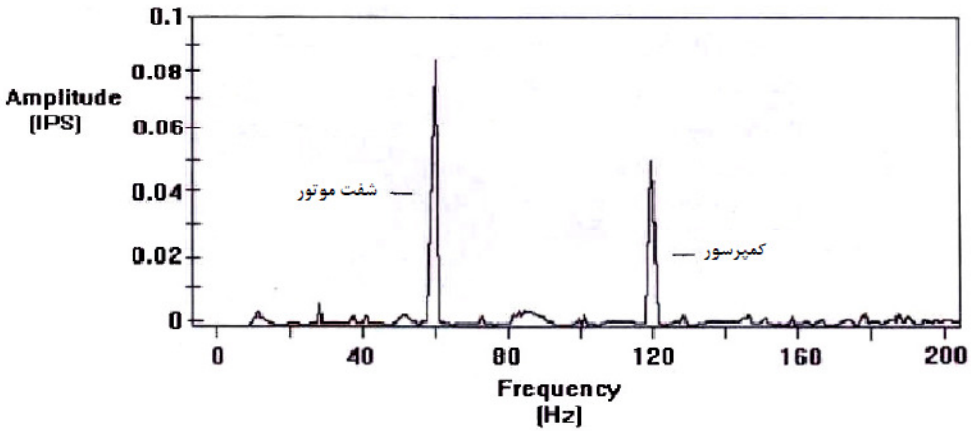
---

[۱] Bar

[۲] Accelermotor

فرکانس، منبع ارتعاش را مشخص می‌کند. برای مثال، محور موتور ممکن است در ۵۰ هرتز ارتعاش کند، در حالی که یک کمپرسور در ۱۲۰ هرتز ارتعاش می‌کند. بعلاوه، مشکلات مکانیکی متفاوت، ارتعاشهایی را در فرکانسهای متفاوت ایجاد می‌کنند.

فرکانس برحسب تعداد دور در دقیقه (rpm)، سیکل در دقیقه (cpm) و سیکل در ثانیه (cps یا هرتز) اندازه گیری می‌شود. rpm دستگاه معیاری از فرکانس است. در شرایط عدم-توازن، یک سیکل در هر دور اتفاق می‌افتد. بنابراین، فرکانس عدم‌توازن rpm × 1 است. دستگاه‌های متفاوت در rpm های متفاوت کار می‌کنند. یک موتور که در rpm ۱۸۰۰ کار می-کند، فرکانس عدم‌توازن آن rpm × 1 یا cpm ۱۸۰۰ است.

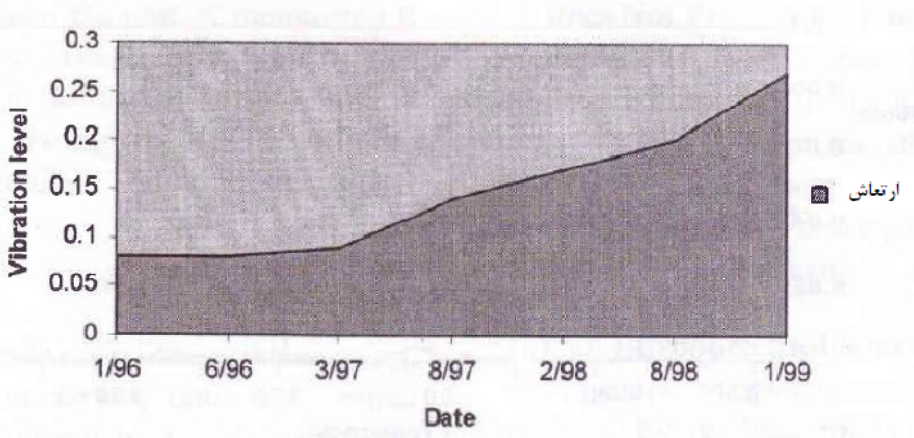


شکل ۱۱-۱ نمونه آنالیز ارتعاشی برای یک چیلر

روند میزان ارتعاش

تصویری که روند تغییر میزان ارتعاش در طول زمان را نشان دهد، به تعیین دقیق‌تر زمان خرابی یک دستگاه کمک می‌کند. اندازه‌گیری ارتعاش در یک زمان خاص تصویری از شرایط دستگاه می‌دهد، ولی روند تغییر میزان ارتعاش، یک دید کامل از عملکرد دستگاه ارائه می‌دهد. همانطور که در شکل ۱۱-۲ دیده می‌شود، میزان ارتعاش دستگاه در ماه هشتم، ۰/۱۳ بوده که در محدوده مشخصات آن است. با مشخص شدن این اندازه‌گیری، دستگاه مشکلی ندارد، اما نمودار نشان می‌دهد که سطوح ارتعاش به صورت تصاعدی بالا رفته است که نشانه ایجاد مشکل در آینده نزدیک است.

بنابراین روند تغییر ارتعاش، شرایط آینده تجهیزات را پیشگویی می‌کند و آمادگی لازم برای اقدامات آینده را ایجاد می‌کند. به جای انجام تعمیرات اضطراری، مدیران می‌توانند تعمیرات را برای تعطیلی‌های برنامه‌ریزی‌شده در ساعات غیرپیک زمان‌بندی کنند. با توجه به اهمیت فضایی که توسط تجهیزات سرویس‌دهی می‌شود، بازه زمانی اندازه‌گیری‌ها تعیین می‌شود.



شکل ۱۱-۲ روند ارتعاش یک چیلر

ارتعاش کلی

ارتعاش کلی (که بر حسب ips اندازه‌گیری می‌شود)، ارتعاش در کل بدنه یک دستگاه است. اندازه‌گیری ارتعاش کلی یک دستگاه به سرعت معلوم می‌کند آیا دستگاه در شرایط خوبی است یا خیر؛ اما نوع مشکل را مشخص نمی‌کند. اگر میزان ارتعاش کلی زیاد باشد بایستی آنالیز ارتعاشی جزئی انجام و مشکل مشخص شود.

۱۱-۳-۲ بازرسی گرماسنجی مادون قرمز

گرماسنجی، آنالیز انتقال حرارت به وسیله تابش الکترومغناطیس است. همه اشیای متحرک و ساکن (برای مثال، پانلهای کنترل الکتریکی، موتورها و درهای بویلر) تابش الکترومغناطیس در محدوده مادون قرمز منتشر می‌کنند. فقط یک دوربین مادون‌قرمز می‌تواند چنین تابشی را ثبت کند. بازرسی گرماسنجی یک روش موثر، سریع و دقیق برای پرهیز از خرابی تجهیزات از طریق جمع‌آوری و ارائه اطلاعات عملکرد حرارتی است. البته این روش به تنهایی عملکرد مناسب تجهیزات را تضمین نمی‌کند و آزمون‌های دیگر و نگهداری

مناسب نیاز است تا عملکرد قابل اطمینان تضمین شود.

در یک بازرسی گرماسنجی، تجهیزات بیمارستان مرتبا اسکن شده و پروفیلهای دما به دست می‌آید تا مشکلات درحال وقوع، قبل از خرابی دستگاه پیدا و مرتفع گردد. آنالیز می‌تواند یک منبع بیش‌ازحد گرم یا دیگر محیط‌های دارای مشکل را مشخص کند. ناهنجاری‌های دمایی در تجهیزات (هم نقاط گرم و هم نقاط سرد) می‌توانند مورد توجه باشند و به این ترتیب مشکلات احتمالی، پیش‌بینی شوند.

بازرسی‌های الکتریکی یکی دیگر از کاربردهای فناوری گرماسنجی است که سیستم الکتریکی را مانند یک زنجیر فرض می‌کند. تنش باعث شکستن زنجیر از ضعیف‌ترین حلقه می‌شود. در یک سیستم الکتریکی، نقاط داغ که بواسطه یک افزایش دمای کوچک بوجود آمده است، زنجیر را ضعیف می‌کند. زمانی که یک عضو خراب شود، دمایش بالا رفته و سرانجام می‌سوزد یا اتصال کوتاه رخ می‌دهد.

۱۱-۳-۳ آنالیز جریان الکتریکی موتور

آنالیز جریان موتور برای تشخیص مشکلات روتور در موارد زیر به کار می رود:

- معیوب شدن شینه‌های روتور یا حلقه‌های اتصال کوتاه
- اتصال مقاومت-بالای نامناسب بین شینه‌های روتور و حلقه‌های اتصال کوتاه
- صفحات روتور اتصال کوتاه شده
- شینه‌های آزاد یا لق روتور که اتصال مناسبی با حلقه‌های انتهایی ندارند.

آنالیز جریان نیاز به انجام آزمونهای واریاک[۱] یا گرالر[۲] که همین مشکلات را تشخیص می‌دهند، از بین می‌برد با این تفاوت که این آزمونها نیاز به خاموش و پیاده کردن تجهیزات دارد در حالی که آنالیز جریان الکتریکی موتور معمولا می‌تواند در حین کارکرد تجهیزات انجام شود. یک استثنا دستگاه‌های ولتاژ-بالاست که برای پرهیز از خطر مرگ در اثر برق‌گرفتگی، باید خاموش شوند.

آنالیز جریان موتور چگونه انجام می‌شود؟

---

[۱] Variac

[۲] Growler

آنالیز جریان موتور توسط مولتی‌متر کلمپی انجام می‌شود که جریان مصرفی موتور را اندازه می‌گیرد. جریان موتور روی مدار فاز اصلی یا روی مدار کنترلی دوم اندازه‌گیری می‌شود. مدار ثانویه امن‌تر است و برای تجهیزات بالاتر از ۶۰۰ ولت همیشه این مدار به کار برده می‌شود.

برای انجام آنالیز جریان موتور، جریان در خطوط تغذیه هر یک از سه فاز به طور مجزا اندازه‌گیری شده و جریان فازها با هم مقایسه می‌شود. اختلاف جریان در هر فاز باید تا ۳٪ نسبت به بقیه فازها متفاوت باشد. تغییرات بالاتر از ۳٪ اشاره به مشکلات استاتور دارد (مانند مواردی که قبلا ذکر شد).

آنالیز روغن

آنالیز روغن یکی از قدیمی‌ترین، معمول‌ترین و مفیدترین فناوری‌های پیشگویانه است که به جلوگیری از خرابی و تعطیلی خارج از برنامه با مشخص کردن میزان فلزات ساییده شده و انواع آلاینده ها در روغن کمک می‌کند. میزان فلزات ساییده شده، نشان می دهد که تجهیزات، ساییدگی غیرمعمول را تجربه می‌کند یا خیر. انواع آلاینده ها و همچنین مشخصه‌های فیزیکی روغن، تعیین می‌کند که آیا بازه زمانی برای تعویض روغن می‌تواند طولانی‌تر شود یا خیر.

روشهای معمول برای تعیین کیفیت روغن شامل طیف‌شناسی شیمیایی، آزمون‌های فیزیکی و فروگرافی[۱] است. طیف‌شناسی شیمیایی ذرات ساییده‌شده (فلزاتی مانند روی، آلومینیوم، مس، نیکل و کروم) را در روغن شناسایی می‌کند. اصطکاک بین یاتاقان‌ها و چرخ‌دنده‌ها باعث می‌شود این فلزات از روی سطوح، ساییده شده و در روان‌کننده بچرخند. زیاد بودن مقدار این فلزات نشان می‌دهد که اجزا در حال ساییده شدن هستند.

آزمون‌های فیزیکی نشان می‌دهد یک روان‌کننده وظیفه خود را چقدر خوب انجام می‌دهد. روان‌کننده‌های آلوده باید قبل ار اینکه ساییدگی اجزا را تسریع بخشند، تعویض شوند. معمولترین تستهای فیزیکی شامل موارد زیر است:

لزجت

لزجت، مقاومت داخلی روان‌کننده برای جریان یافتن است که مهمترین خاصیت فیزیکی است. تغییرات در لزجت، خرابی، آلودگی یا عملکرد نامناسب روان‌کننده را نشان می‌دهد.

---

[۱] Ferrography

هریک از این موارد منجر به خرابی زودهنگام قطعه می‌شود.

آب در روغن

وجود آب، اکسیداسیون و زنگ‌زدگی قطعه را به دنبال دارد و همچنین از انجام وظیفه روان‌کننده جلوگیری می‌کند.

عدد اسیدی کل

عدد اسیدی کل (TAN) میزان مواد اسیدی در یک روان‌کننده را نشان می‌دهد که ناشی از آلودگی اسیدی روغن یا افزایش اکسیداسیون آن است. هر دو این موارد، میزان خورندگی را افزایش می‌دهد.

فرولوژی یک روش مفید برای آنالیز تجهیزات سانتریفوژ متصل به جعبه‌دنده و همچنین کمپرسورهای اسکرو است که شرایط آنها را با بررسی مستقیم ذرات فلزی ساییده‌شده، تعیین می‌کند. فلزات ساییده‌شده و ذرات آلاینده به طور مغناطیسی از روغن جدا شده و براساس اندازه و ترکیب، دسته‌بندی می‌شود. فرولوژی با قرائت مستقیم، روند تغییر غلظت ذرات ساییده‌شده آهنی را اندازه‌گیری کرده و نشان می‌دهد. اگر آنالیز ارتعاشی بکار رود، فرولوژی با قرائت مستقیم معمولا لزومی ندارد چرا که آنالیز ارتعاشی شرایط چرخ‌دنده‌ها را دقیق‌تر ارزیابی می‌کند.

نمونه‌برداری منظم برای انجام موفقیت‌آمیز آنالیز روغن مهم است. نمونه‌برداری، کیفیت روغن برای کارکرد پیوسته را مشخص می‌کند و می‌تواند اطلاعات تعیین‌کننده‌ای درباره حضور فلزات ساییده‌شده، اسیدها، رطوبت و دیگر آلاینده‌ها ارائه دهد.

۱۱-۳-۴ آنالیز مبرد

در آنالیز مبرد، خواص فیزیکی، آلاینده‌های فاز بخار و آلاینده‌های فاز مایع برای تعیین شرایط مبرد بررسی می‌شود. رطوبت و خاصیت اسیدی مهمترین پارامترهای مورد بررسی هستند. رطوبت بالا منجر به افزایش میزان اسید می‌شود. این امر به نوبه خود باعث خرابی عایق‌بندی موتور و خوردگی قسمتهای فلزی می‌شود. اسید موجود در سیستم داخل روغن نفوذ می‌کند و ساییدگی قطعات دوار مانند یاتاقان‌ها و چرخ‌دنده‌ها را شتاب بخشیده و منجر به خرابی زودهنگام قطعه می‌شود.

آنالیز مبرد همچنین می‌تواند تایید کند که مبرد خریداری‌شده استانداردهای مورد نظر را برآورده می‌کند. آنالیز باید بعد از تعمیر نشتی‌ها، افزودن مبرد یا اجرای تعمیرات اصلی که پتانسیل بالایی برای وجود رطوبت دارد، انجام شود.

دقت تست مبرد بستگی به روش نمونه‌برداری دارد. مهم است که رطوبت خارجی به نمونه اضافه نشود، چرا که میزان رطوبت شاخص مهمی از شرایط موجود است.

۱۱-۳-۵ هم‌محوری شفت

هم‌محوری نامناسب ممکن است رایج‌ترین دلیل ارتعاش و خرابی زودهنگام در تجهیزات باشد. زیاد بودن ارتعاش، منجر به ساییدگی بیش از حد یاتاقان‌ها، بوشینگ‌ها، کوپلینگ‌ها، درزبندهای شفت و چرخ‌دنده‌ها می‌شود. هم‌محوری مناسب می‌تواند خرابی تجهیزات را به تعویق بیندازد. هم‌محوری به معنی تنظیم تجهیزات به ترتیبی است که شفت آن همراستا با ماشینی باشد که به آن متصل شده است. این بدان معنا است که دستگاه محرک (گرداننده) از طریق یک کوپلینگ به دستگاه متحرک (گردنده) متصل شده و با هم در تعادل می‌چرخند به گونه‌ای که ارتعاش در حد چرخش یک دستگاه یکپارچه باشد. به جز روشهای مکانیکی از روشهای جدید مانند لیزر و نور نیز می‌توان برای تشخیص و ایجاد هم‌محوری استفاده نمود.

۱۱-۳-۶ بالانس دینامیک

بالانس نبودن زمانی رخ می‌دهد که مرکز جرم یک سیستم دوار، مرکز دوران آن نباشد. جرم بیشتر در یک سمت از روتور به عدم‌توازن منجر می‌شود و نیروی گریز از مرکزی که به سمت سنگین اعمال می‌شود موجب تشذیذ نیروهای نابرابر می‌شود. ارتعاش حاصل رابطه مستقیم با مقدار نابالانسی دارد. نابالانسی می‌تواند توسط عوامل متعددی از قبیل مونتاژ اشتباه، ساختار ماده یا خم شدن روتور ایجاد شود.

یک روتور نابالانس میزان ارتعاش و تنش را در قطعه دوار افزایش می‌دهد. افزایش میزان ارتعاش در روتور، بر کل دستگاه تاثیر گذاشته و ساییدگی بیش از حد را روی سازه نگهدارنده، یاتاقان‌ها، بوشینگ‌ها، شفت‌ها و چرخ‌دنده‌ها ایجاد می‌کند.

شرایط نابالانسی می‌تواند در یک تک‌صفحه (عدم‌توازن استاتیک) یا چندین صفحه (عدم-توازن کوپل) باشد. ترکیب این دو، عدم‌توازن دینامیک نامیده می‌شود و به یک بردار منجر می‌شود که با شفت می‌چرخد و در هر دور گردش یک مشخصه ارتعاشی ایجاد می‌کند.

بالانس دینامیکی یک دستگاه:

- عمر یاتاقان‌ها، بوشینگ‌ها، شفت‌ها و چرخ‌دنده‌ها را افزایش می‌دهد.
- ارتعاش را به سطح قابل قبولی کاهش می‌دهد که خرابی تجهیزات را سرعت نبخشد.
- تنشی را که منجر به خستگی تجهیزات می‌شود، کاهش می‌دهد.
- سروصدای دستگاه و در نتیجه خستگی اپراتور و نارضایتی را به حداقل می‌رساند.
- اتلاف انرژی را کاهش می‌دهد.

تشخیص نابالانسی

قبل از شروع فرایند بالانس کردن بایستی نابالانسی از دیگر منابع ارتعاش تمیز داده شود. پیک ارتعاشی در یا نزدیک به سرعت چرخش روتور می‌تواند دلایل متعددی مانند نا هم‌محوری، شفت ترک‌خورده یا خم‌شده، ناهم‌مرکزی، باز شدن شینه‌های روتور یا نابالانسی داشته باشد. روش‌های تحلیلی (مانند شکل موج طیف یا آنالیز فاز) می‌تواند نابالانسی را به عنوان دلیل ارتعاش مشخص کند. همچنین موارد زیر می‌تواند وجود شرایط را نابالانسی مشخص کند:

- وجود ارتعاش اصلی هماهنگ با سرعت چرخش روتور
- وجود بیشترین ارتعاش در صفحه‌های عمودی و شعاعی و ارتعاش پایین‌تر در صفحه محوری
- وجود یک دامنه و زاویه فاز ارتعاشی که تکرارشونده و پایاست.

۱۱-۴ بهره‌برداری

شرایط خاص بهره‌برداری از سیستم‌ها و تجهیزات مراکز درمانی به تفصیل در بخش-های بعد آمده است.

۱۱-۴-۱ پیوستگی بهره‌برداری

بیمارستانها هرگز تعطیل نیستند. آنها شبانه‌روزی بوده و ۷ روز هفته کار می‌کنند. تاسیسات باید طوری طراحی شوند که امکان توقف به منظور نگهداری و افزودن ویژگی‌های جدید به سیستم‌ها وجود داشته باشد. فلسفه طراحی مناسب را می‌توان در دو عبارت خلاصه کرد: امکان جداسازی و امکان جایگزینی.

۱۱-۴-۲ نیاز به همکاری

همکاری و کار گروهی نزدیک بین بخش نگهداری و دیگر بخش‌های بیمارستان الزامی است. این بخشها شامل بخش کنترل عفونت، تنفس درمانی، مهندسی زیست‌پزشکی و نیروهای حراست می‌شود.

برای مثال، بخش نگهداری با دیگر بخش‌ها برای تضمین کارکرد مناسب سیستم‌ها به منظور کنترل عفونت همکاری می‌کند. بهره‌برداری نامناسب از اتاق ایزوله فشارمنفی، ممکن است به عوامل عفونی اجازه ورود به راهرو را داده و کارگران بیمارستان، بیماران دیگر و ملاقات‌کنندگان آلوده شوند. نامناسب بودن دمای آب داغ ممکن است موجب رشد میکروبی شود. نگهداری نامناسب یا کاربرد فیلتر نامناسب ممکن است مشکلات کنترل عفونت ایجاد کند.

۱۱-۴-۳ آمادگی بیمارستان برای بحران

معمولا تاسیسات مراکز درمانی، ملزم به داشتن یک طرح برای مواقع بحرانی هستند. بخش نگهداری نقش مهمی در تنظیم و اجرای چنین طرحی دارد. این امر نمونه دیگری از همکاری نزدیک موردنیاز بین بخش نگهداری و دیگر بخش‌هاست.

۱۱-۴-۴ واکنش اولیه

هماهنگی جهت آمادگی برای خاموشی‌ها و خرابی‌های غیرمنتظره سیستم، ضروری است. برنامه‌ریزی دقیق برای تجهیزات قابل استفاده و ارتباط آنها با تجهیزات درمانی، لازم است. تصمیمات مدیریت باید به طور واضح تعیین و اعلام شود.

۱۱-۵ الزامات ساخت و ساز برای بهره‌برداری مناسب

بازسازی یا ساخت و ساز جدید می‌تواند توسط بخش نگهداری یا پیمانکار خارجی انجام شود. ارزیابی خطر عفونت توسط گروه کنترل عفونت مرکز درمانی باید یک جزء جدانشدنی از فرایند ساخت‌وساز باشد. همیشه گروه کنترل عفونت در جلسات برنامه‌ریزی و جلسات قبل از ساخت‌وساز حضور دارد.

در بررسی پروژه‌های نوسازی و ساخت‌وساز جدید بایستی الزاماتی به منظور بهره-برداری مناسب در آینده در نظر گرفته شود.

موتورخانه‌های عمومی

در حالت ایده‌آل، موتورخانه تجهیزات بزرگ مانند هواسازها و چیلرها برای سهولت تعویض باید مستقیما از بیرون ساختمان قابل دسترسی باشد. این ویژگی ممکن است همیشه عملی نباشد بنابراین موقعیت موتورخانه‌ها حداقل باید به گونه‌ای باشد که تردد پرسنل نگهداری را به فضای پزشکی به حداقل برساند. اگر بتوان وسایل و تجهیزات تعمیر و نگهداری را مستقیما به موتورخانه‌ها حمل کرد، بهتر است. دسترسی مستقیم بوسیله آسانسور به موتورخانه‌های موجود در طبقات بالاتر بسیار مفید است. تمهیداتی نیز برای انتقال چیلرها و بویلرها به داخل و خارج ساختمان باید اتخاذ شود.

تجهیزات نصب‌شده روی سقف

در کل باید از نصب کردن تجهیزات بر روی بام خودداری کرد، چون دسترسی به آنها معمولا دشوار بوده و شرایط کاری برای پرسنل نگهداری امن نیست. با این حال، نصب تجهیزات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع روی بام برای کلینیک ها بسیار مقرون به صرفه است. از طرفی، فن‌های تخلیه، برجهای خنک کن و دیگر تجهیزات دفع گرما باید روی بام نصب شوند. هر زمان که تجهیزات روی سقف نصب شود، تامین مسیرهای دسترسی آسان برای پرسنل توصیه می‌شود. باید یک نردبام ثابت یا پله برای هر وسیله‌ای که نیاز به نگهداری (شامل شیرها) دارد و به آسانی با یک نردبام قابل حمل ۲ متری قابل دسترس نباشد، در نظر گرفته شود. شیر آب و پریز برق باید در نزدیکی تجهیزات قرار گیرد.

نقشه موتورخانه

نقشه موتورخانه باید طوری باشد که فضای کافی برای دسترسی به تجهیزات برای کارکرد، نگهداری و جابجایی وجود داشته باشد. بر این اساس نردبام‌هایی برای تجهیزاتی که از زمین قابل دسترسی نیست، در نظر گرفته شود. تجهیزات لازم برای خروج/جابجایی بزرگترین/سنگین‌ترین تجهیزات باید در مرکز موجود باشد و همچنین فضا برای بیرون کشیدن همه کویلها، مبدلهای حرارتی، چیلرها، لوله‌های دیگ و فیلترها نیز فراهم باشد.

دسترسی پرسنل تعمیر و نگهداری

فضای کاربردی و امن برای دسترسی پرسنل باید فراهم گردد. به طور کلی، یک فاصله حداقل ۶۰ سانتیمتری برای همه نقاط سرویس‌دهی به تجهیزات مکانیکی نیاز است تا

دسترسی پرسنل ممکن و فضا برای کار موجود باشد. ممکن است فضای بیشتری برای تجهیزات خاص نیاز باشد. حین بازنگری طرح، قابلیت و الزامات تعمیرپذیری برای تجهیزات موجود در موتورخانه، کریدورها، فضاهای داخلی، پشت دیوارها، سقف و مدفون در زمین باید در نظر گرفته شود.

مولدهای مستقل انرژی

زمانی که مولدهای آب سرد، آب گرم یا بخار در یک بنای مجزا بیرون از مرکز اصلی قرار گرفته باشد، نصب خطوط رفت و برگشت در داخل یک تونل یا محفظه دسترسی دیگر نگهداری،بازرسی و حفاظت از شرایط طبیعی بسیار مطلوب است. دسترسی به کل مسیرهای اصلی برای سهولت بازرسی و تعمیر عایق‌کاری، اتصالات، منابع انبساط ، شیرهای هواگیری و...، همچنین برای سهولت تعویض یا توسعه در آینده مفید است. دسترسی راحت و امن به اجزایی که نیاز به بازرسی یا سرویس دوره‌ای دارند مانند شیرها، سینی‌های تخلیه کندانس (دستی و خودکار)، پمپ‌های فاضلاب و فن‌های تهویه ، ضروری است.

برجهای خنک‌کن

مکان و نحوه قرارگیری برج خنک‌کن باید بررسی شود اسپری یا بخار برج می‌تواند منبع بیماری لژیونلا باشد. بخش‌های نگهداری، اولین خط دفاعی در مقابله با این مشکل است. لژیونلا جزو باکتری‌ها محسوب می‌شود. لژیونلا در منابع آب طبیعی و سیستم‌های آب شهری در غلظت‌های غیر قابل کشف یا کم رخ وجود دارد. اما تحت شرایط خاص، غلظت آن ممکن است به شدت افزایش یابد که فرایند تقویت نامیده می‌شود. شرایط مطلوب برای فرایند تقویت شامل موارد زیر است:

- دمای آب بین ۲۵ تا ٤۲ درجه سلسیوس
- رکود آب
- خوردگی و رسوب
- بیوفیلم‌ها
- وجود آمیب‌ها
- مواد خاص مانند لاستیک طبیعی، چوب و برخی پلاستیک‌ها

سرایت به انسان وقتی رخ می‌دهد که آب دارای ارگانیسم، به صورت اسپری قطرات قابل تنفس (۱-۵ میکرون) توسط یک میزبان مستعد، استنشاق شود. عفونت‌ها ابتدا در دستگاه-

های تنفسی رخ می‌دهد. خطر برای افراد مسن، افراد سیگاری و آنها که بیماری مزمن ریوی و نقص دستگاه ایمنی دارند، بیشتر است. فناوری‌های نویدبخش برای کاهش یا کنترل لژیونلا شامل انجام عملیات شیمیایی روی آب آشامیدنی با دی اکسید کلر، کلرامین‌ها یا تزریق یون مس–نقره است.

توصیه‌های کلیدی برای رفع خطر از برجهای خنک‌کن شامل تمیز کردن سطوح و برنامه میکروب‌کشی می‌باشند. همچنین عملیات شیمیایی تخصصی نیز توصیه می‌شود. تصفیه مکانیکی برای حداقل کردن رسوب باید درنظر گرفته شود. قطره‌گیرها باید به طور مرتب بازرسی، تمیز و در صورت نیاز تعمیر شوند. بهتر است نوع میکروب‌کش های بکار رفته در برج خنک‌کن مرتبا عوض شود تا از توسعه میکروب‌های مقاوم جلوگیری شود.

خاموش و روشن کردن سیستم برج خنک‌کن نیاز به توجه خاص دارد. زمانی که یک سیستم برای بیشتر از سه روز خاموش می‌شود، پیشنهاد می‌شود که کل آب سیستم تخلیه شود. در صورتی‌که این کار انجام نشود، آب راکد باید قبل از روشن کردن برج با میکروب-کش تصفیه شود. قبل از روشن کردن فن‌های برج چه برای سیستم تخلیه شده و چه تخلیه نشده، چرخش آب به مدت ٦ ساعت پس از افزودن میکروب‌کش، پیشنهاد می‌شود.

فاصله برج تا نزدیکترین ورودی هواساز باید تعیین شود. وجود باد مخالف مشکل نزدیک بودن را از حل نمی‌کند و جای برج باید عوض شود. سینی‌های فولاد ضدزنگ برای طول عمر بلندمدت و محدود کردن رشد میکروبی توصیه می‌شود. قرارگیری برج باید به نحوی باشد که پیاده‌سازی موتور امکان‌پذیر باشد. به روش‌های مختلف برای گرم کردن سینی شامل استفاده از سیستم کنترلی برای گرمکن‌ها توجه شود. برای توضیحات بیشتر به فصل ٦ مراجعه شود.

پردازش شیمیایی

پردازش شیمیایی یک بخش جدایی‌ناپذیر برای تضمین شرایط مناسب در داخل سیستم-های لوله‌کشی است. لوله‌های کثیف میزان مصرف انرژی را بالا می‌برد و به راندمانهای کمتر و نارضایتی ساکنین منجر می‌شود. پردازش نامناسب آب کندانسور به تخلیه بیش‌ازحد و هدررفت آب منجر می‌شود. تخلیه بیش از حد آب در بویلر نیز باعث هدررفت می‌شود، بنابراین برنامه پردازش شیمیایی برای آب بویلرها نیز نیاز است.

برگه‌های آزمون شیمیایی نصب شده در موقعیتهای استراتژیک باید به صورت منظم

احیا و بررسی شوند. تزریق‌کننده‌های مواد شیمیایی باید در نقاطی قرار گیرند که به سهولت قابل دسترسی و شستشو باشند. سینی‌های تخلیه آب هواساز باید به گونه‌ای باشند که امکان پردازش متناوب آب با قرصهای ضد باکتری وجود داشته باشد.

کویلهای سرد

برای راحتی در تمیزکاری، ضخامت کویلها نباید از ٦ ردیف بیشتر شود. همچنین تمیزکاری کویلهایی با تراکم بیش از ٦ فین در هر سانتیمتر بسیار سخت خواهد بود. این شوینده‌ها معمولا روی بالادست کویل به کار رفته و به ردیفهای کویل نفوذ می‌کند. پس از آنکه شوینده وظیفه خود را با نرم کردن رسوبها انجام داد و رشد میکروبی متوقف شد، از یک نازل فشار–بالا برای شستشوی نهایی استفاده می‌شود. زمانی که بیش از ٦ ردیف برای رطوبت‌زدایی نیاز باشد، می‌توان کویل‌ها را به واحدهای ٤ یا ٦ ردیفه با دسترسی به هر دو وجه بالا و پایینی تقسیم کرد. معمولا یک فاصله ٦٠ سانتیمتری بین کویلها برای دسترسی کافی است.

حفاظت از یخ‌زدگی

حفاظت از یخ‌زدگی ویژگی بسیار مهمی است. سیستمهای محافظت از یخ‌زدگی[1] برای هواسازها و کویلها طراحی و نصب می‌شوند. اگر این سیستم به درستی طراحی و نصب نشود، هواساز مرتبا قطع کرده و خاموش می‌شود. این قطع‌های آزاردهنده، باعث از دست رفتن فشار جریان هوا شده و ممکن است در برخی فضاها ایمنی را به خطر بیندازد. اکثر پرسنل نگهداری، این وضعیت را با افزایش دمای هوای تغذیه جبران می‌کنند. دماهای بالای ایجادشده تامین سرما را با مشکل مواجه می‌کند.

بالانس سیستم هوایی

برای سهولت عیب‌یابی و بالانس کردن سیستم در آینده، ابزار اندازه‌گیری و دمپرهای بالانس در همه تجهیزات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع باید مورد بررسی قرار گیرد که شامل ابزار اندازه‌گیری دما و فشار روی ورودی و خروجی همه کویلها، دمپرهای بالانس و موقعیت‌های مختلف در هواساز باشد. پورت‌ها یا گیج‌های فشار بالا و پایین فن و پورتهای ورود لوله پیتو نیز باید در نظر گرفته شود. برای سهولت بالانس دوره‌ای یا تنظیمات آینده،

[1] Freezestats

دمپرهای تنظیم‌شونده دستی باید روی همه انشعابات فرعی کانالها در بالادست ترین موقعیت ممکن (به منظور کاهش صدا) نصب شود.

هواسازها

برای کاهش احتمال رشد میکروبی در عایقکاری، هواسازهای بکار رفته در مراکز درمانی باید مجهز به عایقکاری داخلی از نوع دوجداره با جداره داخلی مقاوم به خوردگی باشند. استفاده از سطح داخلی مشبک (سوراخ دار) توصیه نمی‌شود. زمانی که تصفیه نهایی در یک هواساز که پایین‌دست کویلهای سرد است، انجام می‌شود، باید تمهیداتی برای جلوگیری از مرطوب شدن فیلترها اتخاذ شود.

نکات طراحی کانال

دریچه‌های دسترسی برای بازرسی یا سرویس تجهیزات نصب‌شده در کانال‌ها (شامل دمپرهای آتش، دمپرهای دود و کنترلها) و برای سهولت تمیزکاری یا ضدعفونی کردن دوره‌ای باید به طور مناسب اندازه‌گذاری و در محلهای قابل دسترسی نصب گردند. منحرف-کننده‌های جریان نباید در کانال تخلیه و برگشت نصب شوند.

سیستم‌های کنترل دود و دمپرهای دود

اگر چه این کار ممکن است بخشی از فرایند پذیرش باشد، ولی آزمونهای اولیه باید انجام شود تا از کارکرد مورد نظر سیستم کنترل دود اطمینان حاصل شود. اولین بخش از آزمونها بررسی جنبه‌های کارکردی سیستم است که دو بخش را دربرمی‌گیرد: اول، اجزای غیرفعال[۱] حفاظت در برابر آتش (آتش‌بندها، درب‌های ضد آتش و...) باید ارزیابی شوند. بعد از آن نوبت آزمایش سیستمهای فرعی زیر است چرا که روی کارکرد سیستم‌های کنترل دود تاثیر دارند:

- سیستم اعلام حریق
- سیستم مدیریت ساختمان
- تجهیزات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

---

[۱] Passive

- تجهیزات الکتریکی
- سیستم کنترل دما
- منابع تولید برق
- منابع برق جانشین (آماده به کار)
- سیستم‌های اطفاء خودکار
- دریچه‌ها و درب‌های خودکار
- عملکرد آسانسورهای اضطراری

بخش دوم از این آزمون‌ها، در جهت بررسی کارایی سیستم انجام می شود. این قسمت از آزمون تعیین می‌کند آیا کل سیستم تحت همه حالتهای موردنیاز کار می‌کند یا نه.

دمپرهای دود و دمپرهای آتش

انجمن ملی حفاظت در برابر آتش (NFPA) بر بازرسی و سرویس دمپر هر ۵ سال یکبار تاکید دارد. پیاده‌سازی دمپر مشکل است و معمولا به دو نفر نیاز است، بنابراین دریچه‌های دسترسی باید روی هر دو طرف دمپر آتش نصب شوند. سیستم باید طوری طراحی شود که تا حد ممکن تعداد دمپرهای آتش و دود کم باشد.

تمیزکاری کانال‌های در حال استفاده

قبل از شروع تمیزکاری کانال، هزینه و مزایا در مقابل خطرات باید به دقت بررسی شود. با یک بهداشت‌یار مشورت کرده و نمونه‌هایی از مواد برای آنالیز به آزمایشگاه ارسال شود. کانالهای آستردار درصورت امکان به جای تمیز شدن باید تعویض گردند. فرایند تمیزکاری، آستر داخلی عایقکاری را از بین می برد. عایقکاری خارجی کانال نیز یک کار پرزحمت بوده و در برخی موارد بدون خارج کردن همه تجهیزات اطراف غیرممکن است.

پمپ‌ها

چیدمانهای مختلفی برای پمپ‌ها وجود دارد: عمودی طبقاتی، افقی خطی وغیره. محدودیت‌های فضا، هزینه و راندمان همگی چیدمان پمپ را تعیین می‌کنند. برای اینکه پرسنل نگهداری بتوانند عملکرد پمپ را بررسی کنند، دریچه اندازه‌گیری فشار در موقعیت‌های مناسب در نظر گرفته شود. برای همه انواع پمپ‌ها باید دوره آموزشی برای پرسنل نگهداری برگزار گردد. اگر موتورها و پمپ‌های خیلی بزرگ (بیشتر از ۱۵ اسب‌بخار (۱۱ کیلووات))

نصب شوند، باید یک تیر یا ریل برای جابجایی این تجهیزات به خارج از موتورخانه در نظر گرفته شود .

سیستم‌های ضد آتش

گرایش به طراحی بزرگتر از معمول این سیستمها، به لوله‌کشی فشار-بالای بزرگ و گران می‌انجامد. طرح‌ها باید به دقت بررسی شده و اطمینان حاصل شود که فشار خط به درستی در محاسبات در نظر گرفته شده است. یک خط بای‌پس به همراه دبی‌سنج گزینه مناسبی است و مقادیر عظیمی آب ذخیره می‌شود؛ چرا که سیستم‌های بیمارستانی باید به صورت هفتگی بررسی شوند.

ژنراتورهای اضطراری

مدیر مرکز باید تعیین کند که چه تجهیزات و برنامه‌هایی جزء سیستم تولید برق اظطراری است. محل استقرار ژنراتور بسیار مهم است ولی معمولا به جای اینکه مکان با مسائل عملکردی یا تهویه هوا مشخص شود با پارامترهای معماری تعیین می‌شود. تخلیه دود موتور دیزل در سطح زمین تقریبا همیشه باعث بروز مشکل می‌شود. اگزوز ژنراتور را در صورت امکان باید تا بام بالا برد. دریچه‌های تهویه و خنک‌کاری باید به نحوی قرار گیرند که الزامات توصیه‌شده توسط سازنده تامین شود. به مشخصات ژنراتور باید بسیار دقت شود که الزامات عملکردی و ایمنی را برآورده کند.

باید تعیین شود که آیا مرکز درمانی می‌تواند کل کارکرد خود را با استفاده از برق اضطراری انجام دهد یا نه. اینکه ذخیره سوخت کافی برای سرویس‌دهی به ساختمانها برای یک دوره طولانی وجود نداشته باشد، چندان غیرعادی نیست. مدیر مرکز باید ملزومات و مقررات لازم را برای زمانهای فعال شدن سیستم اضطراری به دقت بررسی و تبیین کند. در مورد تجهیزات و بخشهایی که نیاز به برق اظطراری دارند در پیوست ب توضیحات بیشتری ارائه شده است.

دریچه‌های ورود هوا

قرارگیری دریچه‌های ورود هوای تازه، نزدیک منابع آلودگی می تواند مشکلات کیفیت هوای داخل ایجاد کند. نباید به معمار اجازه داده شود که دریچه‌های هوای تازه را نزدیک

محل بارگیری و تخلیه تعبیه کند. ژنراتور دیزل نیز نباید نزدیک دریچه‌های ورود هوا قرار داده شود. پمپ‌های خلا پزشکی، انواع مواد را به بیرون تخلیه می‌کنند ولی معمولا یافتن محل مناسبی برای تخلیه پمپ خلا، نادیده گرفته می‌شود که این مسئله باید در انتخاب محل دریچه ورودی هوا در نظر گرفته شود.

پمپ‌های آب مصرفی

استفاده از الکتروموتورهای دور متغیر برای پمپ‌های آب مصرفی باید به دقت ارزیابی شود، در غیر این صورت، سیستم ممکن است در پاسخگویی مناسب به تغییرات سریع تقاضای آب ساختمان موفق نباشد.

افزونگی[۱]

در یک بیمارستان، اغلب ۱۰۰٪ افزونگی (در نظر گرفتن موارد بیش از نیاز) پیشنهاد می‌شود. استفاده از سرویسهای الکتریکی و سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع چندگانه توصیه می‌شود. همزمان توصیه می شود فضای لازم برای توسعه در آینده در نظر گرفته شود. مثالی که از طریق آن افزونگی در سیستم‌های مکانیکی می‌تواند حاصل شود، در کاربرد سیستم‌های لوله‌کشی حلقه‌ای است (استفاده از دو لوله تغذیه موازی). دو مسیر توزیع در ساختمان گزینه‌های بیشتری را در حالت اضطراری ارائه می‌دهد. سیستم حلقه‌ای می تواند هم برای گازها و هم مایعات به کار رود. نیازهای خود را به دقت بررسی کرده و به هزینه‌ها نیز توجه شود.

شیرها

هیچگاه شیر به اندازه کافی وجود ندارد. به عبارت دیگر، شیرها به ندرت در محلهای مناسب هستند تا بتوان هنگام نگهداری، دستگاه‌ها را به طرز صحیح جدا کرد. شیرها در مقایسه با دیگر لوازم کم هزینه هستند مثلا یک شیر قطع اضطراری معمولا ۱۰۰ برابر گران‌تر از یک شیر معمولی است. باید شیر به اندازه کافی در نظر گرفته شود تا در هنگام نگهداری، دستگاهها به راحتی جدا و سوار شوند.

تعویض فیلتر

---

[۱] Redundancy

دستورالعمل AIA: 2001 الزامات حداقل میزان تصفیه هوا را منتشر می‌کند. این الزامات، میزان تصفیه هوا نسبت به سطح و موارد دیگر مانند تعویض هوای موردنیاز، دماهای توصیه‌شده، رطوبت نسبی توصیه‌شده و فشار هر اتاق نسبت به بقیه فضاها را تعریف می‌کند.

سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مراکز پزشکی از این لحاظ غیرعادی هستند که در آنها دو دسته فیلتر توصیه می‌شود، یکی در بالادست کویل و یک دسته فیلتر نهایی در پایین‌دست کویل. در سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع معمولی هر دو دسته فیلتر در بالادست کویل قرار می‌گیرند.

در بخشهای ارتوپدی، پیوند مغز استخوان و پیوندهای اعضاء داخلی و اتاقهای ریکاوری، استفاده از یک دسته فیلتر اضافی هپا قبل از ورود به فضای داخلی توصیه می‌شود. فیلترهای هپا برای اتاقهای ایزوله بیماری‌های عفونی که در آنها بازگردانی هوا برای تامین الزامات تعویض هوا به کار می‌رود یا تخلیه ۱۰۰٪ هوا به بیرون ممکن نیست، نیز توصیه می‌شود. برای توضیحات بیشتر به فصل ۸ مراجعه شود.

بهتر است در بیمارستانها، از فیلترهای صلب استفاده شود. فیلترهای کیسه‌ای در حین تعمیر و نگهداری هواساز از هم پاشیده می‌شوند. زمانی‌که فیلترهای کیسه‌ای از هم بپاشند، ذرات گرد و خاک روی سطح بیرونی فیلتر به داخل جریان هوا رها می‌شود. فیلترهای صلب به خاطر ساختار خود این مشکل را ندارند.

معمولا فیلترهای ذغالی برای کنترل بوی منابع خارجی مانند دود خروجی موتور دیزل به کار می‌روند. همچنین از ذغال فعال برای کنترل بو در سیستم‌های تامین هوای قسمتهایی از مراکز پزشکی استفاده می‌شود.

راندمان فیلترها مطابق استاندارد ASHRAE 52.1 با شاخص MERV سنجیده و اعلام می‌شود. باید فیلترهای مورد استفاده برای کاربردهای معمول، مقدار MERV 7 قبل از کویل و MERV 14 به عنوان فیلتر ثانویه یا نهایی را داشته باشند.

بعلاوه، دستورالعمل AIA مکان قرارگیری دریچه‌های ورودی و خروجی هوا را توصیه می‌کنند. دریچه‌های هوای تازه باید تا آنجا که ممکن است بالاتر از زمین در ارتفاع حداقل ۲ متر نصب شوند. دریچه‌های روی بام نیز باید حداقل ۱ متر بالاتر از سطح بام نصب شوند. علاوه بر این، دریچه‌های هوای تازه باید حداقل ۷/۵ متر از هر تخلیه هوا یا خروجی دودکش

فاصله داشته باشند. دریچه هوای رفت اتاق باید در سقف یا نزدیک به آن نصب شود.

تناوب تعویض فیلترهای هواسازها تابعی از هزینه‌های تعویض فیلتر، منحنی فن هواساز، هزینه‌های برق، هزینه‌های کارگر و افت فشار فیلتر مورد استفاده است. همچنان‌که فشار افزایش می‌یابد، هزینه کارکرد فن‌ها نیز افزایش می‌یابد. هزینه ها باید در مقابل هزینه های کارگر و تعویض فیلترها محاسبه شود. معمولا عدد بهینه برای یک نوع فیلتر خاص توسط سازنده فیلتر تعیین و اعلام می‌شود. در مورد فیلترهای هپا باید توجه داشت که در زمان ساخت به اندازه‌ها توجه شود و محل نصب فیلترها در تناسب با فیلترهای موجود در نظر گرفته شود.

۱۱-۶ نکات نگهداری ویژه برای سیستمها و تجهیزات تاسیساتی

موارد زیر را برای نگهداری ویژه از سیستم‌ها و تجهیزات مراکز درمانی توصیه می‌شود:

فن‌کویل‌ها

هر فن‌کویل با کویل سرمایشی، یک سینی تخلیه دارد که می‌تواند منبع رشد میکروبی باشد. بازرسی دوره‌ای سینی کندانس برای جلوگیری از انسدادهایی که باعث سرریزی شده و تجهیزات و فضای اطراف را خیس کند، لازم است چرا که از طریق آن، پتانسیل بیشتری برای توسعه رشد میکروبی به وجود می‌آید. از آنجا که فن‌کویل‌ها معمولا در فضاهای داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرند، لازم است پرسنل نگهداری به این فضاها دسترسی داشته باشند.

فین تیوب‌های تابشی و همرفتی

این دستگاهها نیز نیاز به تمیزکاری متناوب برای حداقل کردن تجمع کثیفی و آلودگی دارند. برای این تجهیزات نیز لازم است پرسنل نگهداری به فضاهای داخلی دسترسی داشته باشند.

پایانه‌های فن‌دار

پایانه‌هایی که به فن مجهز هستند نیاز به بازرسی و نگهداری دارند. دسترسی متناوب به فیلترها لازم است. این واحدها یک فن و یک موتور دارند که ممکن است نیاز به تعویض داشته باشند.

۱۱-۷ پذیرش ساختمان

پذیرش، یک فرایند کنترل کیفیت برای ارزیابی، تصحیح و مستند کردن این مساله است که تاسیسات و سیستم‌های آن برنامه‌ریزی، طراحی، نصب و آزمایش شده و قابلیت کار و نگهداری مطابق با اهداف طراحی را دارد. فرایند پذیرش در همه فازهای یک پروژه جدید یا بازسازی، در هر مرحله از فرایند، از طرح‌ریزی اولیه تا بهره‌برداری ادامه داشته و در هر مرحله از فرایند برای اطمینان از صحت عملکرد جهت برآورده کردن الزامات طراحی، بررسی‌هایی انجام می‌شود.

موارد زیر از اهداف اساسی فرایند پذیرش است:

- تایید و ایجاد مستنداتی که تطابق عملکرد تاسیسات و سیستم‌ها را با الزامات مورد نظر کارفرما نشان می‌دهد.
- ارتقای ارتباط بین کارفرما و پیمانکار با مستند کردن اطلاعات و تصمیمات در همه فازهای پروژه.
- صحت‌سنجی و گزارش اینکه کارایی سیستم ساختمان، هدف طراحی را برآورده می‌کند.

مشارکت مداوم و فعال پرسنل تعمیر و نگهداری در موفقیت فرایند پذیرش، ضروری است. برای بحث مفصل‌تر درباره پذیرش به فصل ۱۲ مراجعه شود.

۱۲ پذیرش

۱۲-۱ مقدمه

پذیرش یک فرایند کنترل و تضمین کیفیت است که اسناد، آزمون‌ها و آموزش‌های لازم را فراهم می‌کند تا اطمینان حاصل شود که یک سیستم نیازهای عملکردی و اهداف طراحی را برآورده می‌کند. فرایند پذیرش ممکن است براساس نیازها و الزامات خاص یک پروژه در مقیاس‌های مختلفی اجرا شود.

سودمندی فرایند پذیرش با توجه به افزایش پیچیدگی سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی و امکان پیشبرد سریع و دقیق ساخت‌وسازها تایید شده است. پذیرش با اجرای فرایند بازنگری کیفیت در طول یک پروژه همراستا با سندسازی دقیق، آزمون و آموزش سیستماتیک، ارزش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کند.

پذیرش به عنوان یک فرایند سیستماتیک که در فاز پیش از طراحی شروع شده و تا حداقل یک سال پس از تکمیل ساخت‌وساز ادامه می‌یابد، تعریف می‌شود. در صورت اجرای درست، این فرایند آمادگی کارکنان تاسیسات را برای راه اندازی سیستم‌ها و اطمینان از (با تاییدیه مستند) اینکه همه سیستم‌های ساختمان جداگانه و در ارتباط با هم مطابق با هدف طراحی مستند و خواسته‌های مالک و الزامات کارفرما، کار می‌کنند، در بر می‌گیرد. پذیرش زمانی که عملکرد سیستم در محدوده بارها و شرایط آب و هوایی مختلف ارزیابی شود، ارزشمندتر خواهد بود. ارزیابی عملکرد سیستم در حالت بار جزئی یا شرایط حاد، اغلب بهترین راه برای کشف مشکلات در ساختمانها و رفع آنها قبل از بهره‌برداری از ساختمان

است.

پذیرش، یک تلاش گروهی است که شرکت‌کنندگان آن شامل مالک، کارفرما، طراحان متخصص، پیمانکار و رئیس یا متخصص تیم پذیرش است. هدف تیم پذیرش هدایت فرایند کنترل و تضمین کیفیت است که با اجرای اقدامات مهم که در ادامه شرح داده خواهد شد، صورت می‌گیرد.

در این فصل چهارچوبی برای فرایند پذیرش و فهرستی از الزامات کلی مراکز درمانی در این فرایند ارائه می‌شود. فرایند پذیرش در بیشتر پروژه‌ها علاوه بر گرمایش، تعویض هوا و تهویه‌مطبوع شامل سیستم‌های ساختمانی نیز می‌باشد. بنابراین، یک برنامه پذیرش مناسب می‌تواند به عنوان معیار ضمانت کیفیت برای هماهنگی کلیه سیستم‌های ساختمانی به کار گرفته شود. این سیستم‌های ساختمانی می‌تواند شامل پوسته ساختمان، سیستم‌های الکتریکی، سیستم‌های جابجایی، سیستم‌های ایمنی زندگی و آتش‌نشانی، سیستم‌های آب، محوطه‌هایی که نیاز به کنترل خاص دارند و سیستم‌های مدیریت ساختمان باشد.

۱۲-۲ مسئول پذیرش

مسئول پذیرش[۱] شخصی است که فرایند پذیرش را هدایت می‌کند. وی تیم پذیرش را تشکیل داده و همه فعالیتهای پذیرش را هماهنگ می‌کند، برنامه پذیرش را نوشته و آن را به پیش می‌برد. مسئول پذیرش باید جدول زمان‌بندی پذیرش را به روز کند، آن را قسمتی از کل برنامه ساخت‌وساز قرار داده، دستور کار ارائه کرده و جلسات پذیرش هفتگی یا ماهانه را برگزار کند.

مسئول پذیرش باید روابط عمومی خوبی هم نوشتاری و هم گفتاری، داشته باشد. شخصا باید سیستم‌ها و تاسیساتی را که قرار است پذیرش شود، بشناسد ولی معمولا در جایگاهی نیست که همه چیز را درباره تاسیسات بداند. به همین دلیل است که پذیرش تاسیسات پیچیده به یک تیم نیاز دارد به گونه‌ای که یک یا چند نفر در تیم همه سیستم‌های ساختمانی را بشناسند و از آنها سر دربیاورند.

از آنجا که فرایند پذیرش به طور کامل تحت قوانین طراحی قرار نمی‌گیرد، پیشنهاد می‌شود از یک مسئول پذیرش با تجربه درباره سیستم‌های ساختمانی به عنوان فرد مسئول هدایت‌کننده فرایند پذیرش استفاده شود. وجود یک مسئول پذیرش مستقل که مستقیما به

---

[۱] Commissioning Authority (CA)

کارفرما یا مالک ساختمان گزارش بدهد، برای پذیرش موثر ضروری است.

۱۲-۲-۱ مالک به عنوان مسئول پذیرش

مالک اغلب بدیگرمکنین گزینه برای احراز پست مسئول پذیرش است چرا که علاقه بی چون و چرا به انجام کار در بالاترین استانداردهای کیفیت دارد. مالک با استفاده از کارکنان داخلی خود به عنوان مسئول پذیرش، کنترل فرایند پذیرش را در دست می‌گیرد تا اطمینان حاصل شود که کارفرما و پیمانکاران، ساختمان را به درستی تحویل می‌دهند. از معایب این رویه این است که کارکنان مالک باید به صوزت دائمی با پروژه‌های جاری سروکار داشته باشند (که ممکن است به تاخیر در سایر بخش‌های پروژه بیانجامد) و/یا کارکنان مالک مهارت کافی برای کار به عنوان مسئول پذیرش را نداشته باشند.

۱۲-۲-۲ کارشناس بیرونی

مالک می‌تواند با استخدام یک کارشناس بیرونی برای ایفای نقش مسئول پذیرش، همچنان به عنوان مسئول پذیرش باقی بماند. کارشناس باید براساس عملکرد کارفرما و پیمانکاران، مستقیما به مالک گزارش داده و مستندسازی موثری از فرایند پذیرش فراهم کند. این امر نیاز دارد که به مشاور بیرونی، اختیارات مناسب اعطا شود تا بتواند کارفرما و پیمانکاران را برای انجام فعالیت‌های پذیرش موردنیاز هماهنگ کند. برای انجام یک برنامه پذیرش کارامد، باید حدود اختیار اعطایی از سوی مالک به مسئول پذیرش به وضوح تعریف شود.

۱۲-۲-۳ کارفرما

منطقی است که کارفرما مسئول کنترل کیفیت باشد، چرا که بسیاری فعالیت‌های موردنیاز برای پذیرش موثر یک ساختمان را عهده‌دار است. علاوه بر این، کارفرما، پاسخگوی نظم در برنامه ساخت‌وساز است و می‌تواند کیفیت کار را به طور موثری کنترل کند. کارفرما، عامل کلیدی تکمیل موفقیت‌آمیز و تحویل به موقع کل پروژه است. البته، اشکال عمده این روش امکان بروز تضاد منافع است چرا که خود کارفرما مسئول تعویض و اصلاح موارد ناقص است. برای پرهیز از چنین تضاد منافعی، مالک باید امتیاز تایید کار کارفرما را به وسیله بررسی‌های مقطعی برای خود حفظ کند. اما این کار مالک ممکن است کدورت و درگیری

ایجاد کند چرا که استفاده از این قدرت مستقیما فعالیتهای کارفرما را به عنوان مسئول پذیرش تحت‌الشعاع قرار خواهد داد.

۱۲-۲-۴ مهندس طراح

مزایای استفاده از مهندس طراح به عنوان مسئول پذیرش در این است که احاطه کاملی بر طراحی سیستم دارد و کاملا با چگونگی کارکرد آن آشناست. این امر می‌تواند به صرفه-جویی زیادی در زمان منجر شود. البته باز هم احتمال تضاد منافع وجود دارد، چرا که ممکن است مهندسان طراح، مشکلاتی را که در واقع خطاهای طراحی بوده و مسئولیت آن به عهده آنان است، قبول نکنند. بعلاوه، مزیت عمده پذیرش که بررسی مجدد توسط یک عامل بیرونی است، با استفاده از این روش، از بین می‌رود. نقایص طراحی ممکن است دیده نشوند چرا که مهندس آنها را نقص نمی‌داند.

۱۲-۳ فرایند پذیرش

۱۲-۳-۱ فاز ۱: پیش طراحی

فرایند پذیرش ساختمان با موارد زیر شروع می‌شود:

- تعیین یک مسئول پذیرش،
- تعیین پارامترها برای طراحی و پذیرش،
- تعیین مسئولیت‌های اشخاص مختلف،
- مشخص کردن الزامات موردنیاز برای کل پروژه.

مسئول پذیرش، تیم طراحی و مالک، برنامه پذیرش را مرور کرده و اطلاعات و ضوابط موردنیاز را برای طراحی کارامد و تایید سیستم‌ها و ساختمان مشخص می‌کنند.

۱۲-۳-۲ فاز ۲: طراحی

مسئول پذیرش اغلب به عنوان شخص کنترل کیفیت در تیم طراحی فعالیت می‌کند. همینطور، مسئول بازنگری و مستندسازی اختلافات بین طراحی و مشخصات ساختمان و ضوابط عملکردی مورد نظر مالک می‌باشد. همزمان با بازنگری طراحی، مسئول پذیرش وظیفه بررسی پیشنهادهای مهندسی از نظر هماهنگی با کدها، نیازهای کاربران و معقولانه بودن آنها را بر عهده دارد. وی همچنین مسئول اظهار نظر در مورد تاثیرات حاصل از چنین تغییراتی است.

مسئول پذیرش دراولین مرحله طراحی، باید تهیه و توزیع برنامه پذیرش را برعهده گیرد، که در آن مسئولیت‌های همه اعضای کلیدی تیم مشخص شده و فعالیتهای فرایند پذیرش زمان‌بندی شده است. این برنامه باید به اندازه کافی دقیق و باجزئیات باشد به طوری‌که اشخاص و ابزارآلات لازم برای هر آزمون، مشخص شده باشد. به علاوه، جدول زمان‌بندی اصلی ساخت‌وساز نیز باید شامل جدول فعالیت‌های پذیرش بوده و آنها را با دیگر فعالیت-های ساخت‌وساز مرتبط سازد.

مسئول پذیرش باید اطمینان حاصل کند که تیم طراحی، مسئولیت مستندسازی موارد زیر را به عهده می‌گیرد:

معیارهای طراحی و فرضیات مربوط به آن

معیارهای طراحی باید همه ملاحظات محیطی زیر را مورد توجه قرار دهند:

شرایط حرارتی
رطوبت
سکونت (ساعتها و سطوح فعالیت‌ها)
روشنایی
ارتعاش
الزامات هوای کل و هوای تازه
الزامات کدها و تاثیر آنها بر طراحی
بارهای ویژه
معیارهای طراحی کیفیت هوا
الزامات تصفیه هوا و تامین فشار
حفاظت در برابر آتش
کارایی انرژی
قابلیت نگهداری

ویژگیهای آزمونهای عملکردی

این ویژگیها حین فاز طراحی توسعه داده شده و به تیم طراحی اجازه پیش‌بینی بهتر الزامات فرایند پذیرش را می‌دهد. ویژگیهای آزمونها، حداقل شامل موارد زیر است:

- *توصیف تجهیزات و سیستم‌هایی که باید آزمایش شوند.* توصیف سیستم گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع شامل نوع، اجزا، کاربری موردنظر، ظرفیت، نحوه کنترل دما و میزان کارکرد سیستم می‌باشد.
- *تعیین عملکردهایی که باید آزمایش شوند.* داده‌های کارایی و کارکردی باید درهمه حالتهای فصلی، چگونگی کارکرد در بار جزئی همچنین نقاط تنظیم سیستم(های)

کنترل و محدوده مجاز تنظیمات سیستم مورد توجه قرار گیرند. دیگر مواردی که باید بررسی شوند شامل حالتهای ایمنی زندگی و همه حالتهای قابل اجرا برای بهینه‌سازی مصرف انرژی است.

- *تعیین شرایطی که آزمایشها تحت آنها باید انجام شوند.* بررسی همه حالتهای کارکردی ممکن مهم است؛ برای مثال، کار در بارهای جزئی و کامل و همچنین بیشترین فشارها و دماهایی که سیستم برای آنها طراحی شده است. مستندسازی از این فرایند ضروری است چرا که کامل بودن طراحی انجام شده توسط مهندس را می‌سنجد.
- *ضوابط تاییدیه نهایی باید مشخص شود.* ارائه ضوابط تاییدیه در عبارات روشن و واضح ضروری است. ضوابط تاییدیه باید کمیتی بوده و دقت آنها باید هماهنگ با محدودیت‌های طراحی تجهیزات و سیستم باشد.

۱۲-۳-۳ فاز ۳: ساخت و ساز

حین فاز ساخت‌وساز، مسئول پذیرش، وظیفه بازرسی مواد، نحوه ساخت و نصب اجزا و سیستمهای تاسیساتی ساختمان (شامل تایید تستهای فشار سیستم‌های لوله‌کشی و کانال-کشی) در محل را بر عهده دارد. مسئول پذیرش باید همچنین آزمون‌ها، تنظیمات و بالانس کردن، آتش‌بندهای دیوارها، کالیبراسیون اجزای سیستم و آزمون فشار اتاقهای خاص را مشاهده و/یا مستقلا ممیزی کند. فعالیت‌های دیگری که یک مسئول پذیرش حین فاز ساخت-وساز انجام می‌دهد، شامل موارد زیر است:

(۱) بازنگری سیاست‌های نگهداری و ضمانت،

(۲) بازنگری مدارک تجهیزات کارفرما و پیمانکار و تطابق آنها،

(۳) اطمینان از اینکه روشهای موثری برای کنترل فرایند ساخت‌وساز بکار می‌رود،

(٤) مستندسازی و گزارش اختلافات برای مالک.

در نهایت، پرسنلی که مسئول کار با سیستم‌های تکمیل‌شده هستند، باید قبل از تایید سیستم، آموزش لازم را دریافت کنند. این امر به بهترین نحو در فاز ساخت‌وساز انجام می-شود. مسئول پذیرش باید اطمینان بیابد که افراد مناسبی (معمولا سازندگان تجهیزات به همراه مهندس طراح) اجزای مختلف سیستم(های) گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع را آموزش می‌دهند.

۱۲-۳-۴ آموزش

گذر موفق از مرحله ساخت‌وساز به مرحله سکونت و استفاده مالک به شدت وابسته به آموزش کافی و کامل است. پرسنل تعمیر و نگهداری حین فازهای طراحی و ساخت‌وساز در پروژه شرکت ندارند. یک برنامه پذیرش موثر از این مشکل جلوگیری می‌کند. کارکنان تعمیر و نگهداری باید در همه جنبه‌های تعمیر و نگهداری سیستم‌های ساختمان مهارت کافی داشته باشند تا بتوانند دستگاه ها را در وضعیت مناسبی نگهدارند.

تیم پذیرش با پرسنل تعمیر و نگهداری در طول پروژه ارتباط متقابل دارد که در برنامه آموزش به اوج خود رسیده و در آن، پرسنل کلیدی از مزیت آموزش تئوری و عملی بهره می‌برند. برنامه آموزش شامل مرور کلی سیستم توسط متخصصان طراحی روی نقشه‌ها، دیاگرام‌های مختلف و بررسی مشخصات آنها است. این روند با استفاده از دستورالعملهای تعمیر و نگهداری، دیاگرام‌های سیم‌کشی، تجهیزات سمعی بصری و ابزار کالیبراسیون و عیب‌یابی، همراه با آموزشهای عملی، بهینه می‌شود.

۱۲-۳-۵ فاز ۴: تحویل

تحویل باید از برنامه پذیرش وضع شده در حین فاز طراحی پیروی کند. مستندسازی آزمونها بر اساس مشخصات عملکردی هر آزمون انجام می‌شود. مسئول پذیرش، اشخاص مناسب برای آزمون عملکردی هر سیستم را هدایت و بر فعالیتهای آنها نظارت می‌کند. این آزمون‌ها باید از پایین‌ترین سطح قابل اجرا، شروع شده (اجزای سیستم)، سپس روی سیستم‌های فرعی انجام شود و در نهایت روی کل سیستم اجرا شود طوری که همه قسمتهای آن آزمایش شود. مسئول پذیرش باید همچنین اطمینان حاصل کند که همه فرایندهای ضروری شامل آزمونهای عملکردی واقعی (مانند آزمون هیدرواستاتیک، آزمون و بالانس هوا (TAB)[۱] و کالیبراسیون کنترلهای خودکار) انجام شده و نتیجه رضایت‌بخشی داشته است. ضروری است آزمون‌ها در همه حالت‌های کارکرد سیستم شامل شرایط اضطراری و بار کامل انجام شوند.

همه مدارک موردنیاز برای تهیه دستورالعمل کاربری سیستم‌ها باید گردآوری شود.

---

[۱] Testing and air balancing (TAB)

علاوه بر این، مدارک ساخت نیز باید برای اطمینان از وجود نقشه‌های دقیق که همه نقاط و مقادیر کنترلی مربوطه را نشان می‌دهد، بررسی شوند.

مسئول پذیرش سندی حاوی جزئیات همه نقایص مشخص شده را به شکل فهرست کاری، تهیه و برای اشخاص مربوط توزیع می‌کند. پس از اینکه اصلاح موردنیاز انجام شد، مسئول پذیرش محل را مجددا بازدید کرده و آزمون عملکردی تکمیلی را در صورت نیاز انجام می‌دهد، تا اطمینان حاصل شود که تمام موارد فهرست کاری به طور موفقیت‌آمیزی انجام شده است.

۱۲-۳-۶ فاز ۵: پس از تحویل

فاز پس از تحویل می‌تواند به عنوان ارزیابی مداوم سیستم‌های ساختمان و استفاده-کنندگان آنها در نظر گرفته شود. اغلب انجام آزمون‌های مجدد دوره‌ای بخصوص در طول سال اول، توصیه می‌شود. این امر به ویژه حین تغییرات فصلی شدید نسبت به شرایط پذیرش اصلی یا در طراحی‌های غیرمعمول، مهم است. مسئول پذیرش باید نقاط تنظیم کاربر ساختمان را برای اطمینان از تناسب با طراحی اصلی، مستند کند. در صورت وجود اختلاف، مسئول پذیرش باید تاثیر چنین اختلافاتی را ارزیابی کرده و آن را در گزارش مکتوبی ارائه کند.

۱۲-۳-۷ بازبینی کلی فرایند

بیمارستان یکی از سخت‌ترین انواع ساختمانها در مواجهه با فرایند پذیرش است. با وجود اینکه اقدامات پذیرش آن بسیار مشابه ساختمانهای اداری یا مدارس است ولی پیچیده‌تر هستند. در بیمارستان‌ها، در کنار نگرانی‌های مربوط به مصرف انرژی، مسائل مربوط به فشار هوا، عفونت، بیماران با ضعف سیستم ایمنی، اتاق ایزوله، گازها و تجهیزات خاص وجود دارد. برای موفقیت واقعی یک پروژه پذیرش، مالک باید بیشترین تلاش خود را برای حمایت از آن به کار برد.

مسئول پذیرش باید قبل یا همزمان با تیم طراحی انتخاب شود و با تیم و مالک در پیشبرد برنامه مالک و رسیدن به هدف طراحی کار کند. همچنین طراح باید یک اساس طراحی توسعه دهد، سندی که شامل دلایل انتخاب هر کدام از سیستم‌ها و تجهیزات باشد.

به محض اینکه برنامه و هدف مالک، همراه با اساس طراحی، نهایی گردید، مسئول پذیرش مشخصات و چگونگی فرایند پذیرش را استخراج می‌کند. این مشخصات، مسئولیت‌ها

و وظایف قراردادی مسئول پذیرش، مالک و پیمانکاران مسئول پذیرش سیستمها (مانند مکانیکی، الکتریکی و سیستم‌های آتش‌نشانی) را بیان می‌کند. قرارداد پیمانکار مکانیک باید مسئولیت کنترلهای سیستمهای گرمایی، تعویض هوا، تهویه مطبوع و تبرید، همچنین گاز پزشکی، لوله‌کشی آب و فاضلاب، تجهیزات گرمایی، تعویض هوا، تهویه مطبوع ، عایقکاری و غیره را تعیین کند. پیمانکار الکتریکی مسئول ژنراتور، سیستم اعلام حریق و تمام سیم‌کشی-ها و دستگاه‌های الکتریکی خواهد بود. پیمانکار آتش‌نشانی نیز مسئول سیستم‌های بارنده، شیلنگ و قرقره و همه دستگاه‌های آتش‌نشانی است. همه این پیمانکاران باید یک قرارداد کاری با کارفرما داشته باشند که مسئولیت‌های پذیرش را مشخص کنند. روابط کاری بین پیمانکاران مسئول، کارفرما و مسئول پذیرش باید در قراردادهای بین آنها کاملا واضح باشد.

به محض اینکه قراردادها بسته شد، ضروری است که مسئول پذیرش جلسه پذیرش اولیه را برگزار کرده و مسئولیت‌های پیمانکاران مختلف را بازبینی کند.

۱۲-۴ مستندسازی

موفقیت کلی یک پروژه بستگی به مستندسازی دقیق و مناسب تصمیمات، ضوابط و مفاهیم دارد. از اساس طراحی تا پیش‌نویس آزمونهای عملکردی برای سیستم‌های مکانیکی و الکتریکی، مستندسازی همه فازهای پروژه ضروری است. تیم پذیرش مستندات را هماهنگ و بررسی کرده، ارتباط آنها را تعیین و آنها را بایگانی می‌کند. بر این اساس تیم پذیرش به این نتیجه می‌رسد که یکپارچگی سیستم قابل قبول است و ملزومات مالک را برآورده می‌کند. فرایند پذیرش می‌تواند به کنترل کیفیت و توسعه موارد زیر کمک کند:

- مستندسازی اساس طراحی
- مستندات اصلاح و توسعه طراحی
- مدارک ساخت‌وساز (برنامه‌ها و مشخصات)
- صورت‌جلسه‌ها و مکاتبات پروژه
- نقشه‌های کارگاهی
- اطلاعات محصولات ارائه شده
- روشهای نصب

- رویه ساخت‌وساز
- روشهای آزمون استاتیک (کانال، لوله، دستگاه‌ها)
- روشهای تمیزکاری (سیستم‌ها)
- روشهای آزمون عملکردی
- روشهای آموزش
- روشها و گزارشهای آزمون و بالانس هوا
- دستورالعملهای تعمیر و نگهداری

۱۲-۴-۱ پیش‌نویس‌های آزمون عملکردی

معمولا اجزای یک سیستم به طور مجزا آزمایش می‌شوند یا اینکه "کالبیره کارخانه" فرض شده و اصلا مورد آزمون قرار نمی‌گیرند. وقتی یک سیستم به مالک تحویل داده شود و تحت شرایط واقعی کار کند، غالبا از پس انتظارات برنمی‌آید. این امر معمولا با بازخورد منفی از ساکنان ساختمان یا کاربران سیستم مشخص می‌شود. با آزمون عملکردی سیستم-های الکتریکی و مکانیکی، تیم پذیرش نقایص را مشاهده، ارزیابی و شناسایی می‌کند؛ این تیم، اصلاحات مورد نیاز را پیشنهاد داده و هماهنگ می‌کند و سیستم‌ها و عملکرد تجهیزات سیستم را در محدوده‌ای از بارها و سطوح کارکردی مستند می‌کند.

پیش‌نویس آزمون عملکردی یک روش گام‌به‌گام برای بهینه‌سازی سیستم‌های ساختمانی از وضعیت تکمیل‌شده تا بهره‌برداری کامل است. جزئیات آزمون عملکردی سیستمهای ساختمانی از سیستمی به سیستم دیگر تغییر می‌کند و وابسته به نوع و کاربری موردنظر تاسیسات یا فرایند است. سیستم‌های زیر معمولا تحت آزمون عملکردی قرار می‌گیرند:

مکانیکی	الکتریکی
هواساز سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع	پست‌های برق
سیستم‌های خاص تعویض هوا	تجهیزات توزیع
سیستم‌های تخلیه هوا	تابلوهای کنترل موتور
سیستم‌های بازیافت انرژی	سیستم‌های اتصال به زمین (ارتینگ)
دیگ‌ها	سوئیچ‌های خودکار
سیستم‌های پمپاژ	شبکه داخلی

سیستم‌های گرمایی	سیستم‌های محافظت در برابر آتش/دود
سیستم‌های آب سرد/گرم مصرفی	سیستم‌های اعلام آتش
برج‌های خنک‌کن	سیستم‌های مدیریت دود
سیستم‌های ونت و دفع فاضلاب	قفلهای تاخیری خروج[۱]
سیستم توزیع گازهای پزشکی	سیستم‌های امنیتی
سیستم توزیع گازهای خاص	دوربین‌های مداربسته
سیستم توزیع گاز طبیعی	ژنراتورهای اضطراری
سیستم‌های آتش‌نشانی	سیستم‌های تغذیه بدون وقفه (UPS)
سیستم‌های تامین و توزیع آب سرد فرایندها	سیستم‌های کنترل فرایند
کنترل سیستمهای گرمایی، تعویض هوا، تهویه مطبوع و تبرید	سیستم‌های فراخوان پرستار
سیستم‌های تولید و توزیع آب با خلوص بالا	سیستم‌های توزیع برق
فرایندهای خاص	سیستم‌های روشنایی
سیستم‌های استریل‌سازی	موتورهای سرعت متغیر
سیستم‌های لوله‌کشی	درهای خودکار
سیستم‌های کنترل آتش/دود	

۱۲-۴-۲ برنامه پذیرش

برنامه پذیرش سندی است که جزئیات فعالیت‌ها و مسئولیت‌های مختلف در فرایند پذیرش را بیان می‌کند. برنامه پذیرش همچنین شامل فرم‌های مختلفی است که قرار است در فرایند پذیرش استفاده و پر شوند. برای هر قسمت از تجهیزات، باید فرم آزمون عملکردی و آزمونهای قبل از آن وجود داشته باشد. فرم آزمونهای قبل از عملکرد باید شامل موارد نصب، ویژگی‌ها و شروع به کار تجهیزات باشد. فرم آزمون عملکردی باید مشخص کند که یک بخش خاص از دستگاه به تنهایی و به عنوان قسمتی از کل مجموعه چطور کار می‌کند.

سیستم‌های گرمایی، تعویض هوا، تهویه مطبوع و تبرید، اعلام آتش و کنترل دود باید تایید شده و کارکرد آنها با سیستم‌های ساختمانی دیگر مستند شوند. فرم آزمون باید

---

[۱] Delayed exiting systems (سیستمی که بر اساس یک فشار مکانیکی مشخص پس از یک تاخیر زمانی مشخص، خروجی اظطراری را باز می‌کند)

جزئیات گام‌به‌گام چگونگی عملکرد سیستم را بیان کند. مراحل و گامهای مختلف آزمون و تایید باید مشخص شود.

برنامه پذیرش باید طرفین مختلف فرایند پذیرش و مسئولیت‌های آنها را شناسایی کند. طرفین حداقل باید شامل افراد زیر باشند:

- مالک
- مدیر تاسیسات
- پرسنل نگهداری و سرویس
- مرجع ذی‌صلاح قانونی
- معمار
- مهندسان
- کارفرما
- پیمانکار سیستمهای مکانیک
- پیمانکار سیستمهای الکتریکی
- پیمانکار سیستمهای کنترل
- پیمانکار آزمون و بالانس هوا

۱۲-۴-۳ مالک

مالک در مستندسازی فرایند پذیرش یک یا چند نقش زیر را بر عهده دارد:

- یک نهاد مستقل، یک شرکت یا یک هیات؛
- شخصی که به معمار/مهندس ضوابط طراحی و کارکردی را برای تاسیسات ارائه می‌دهد؛
- شخصی که مالک به عنوان نماینده تعیین می‌کند. آن شخص می تواند مدیر تاسیسات، سرمهندس، کاربر ساختمان یا فرد دیگری باشد. این شخص باید برای اتخاذ تضمیمات تا سقف مالی معینی از مالک اختیارات داشته باشد. این تصمیمات باید مستند شوند. نماینده مالک باید در جلسات پذیرش و پیشرفت ساخت‌وساز شرکت کند. وی باید مستقیما به مالک گزارش داده و او را در جریان پیشرفت پروژه قرار دهد. ممکن است نماینده، مسئول بازنگری و تایید درخواستهای مالی ماهانه باشد. وی باید در صورت نیاز مسئول جلسه با معمار/مهندس و پیمانکاران

باشد. نماینده همچنین باید آشنا با مستندات قرارداد باشد تا در صورت لزوم، تصمیمات الزام‌آور اتخاذ شوند.

- مالک باید ویژگیها و شرایط کنترل عفونت را در قسمتهایی از پروژه که کاربرد دارد ارائه کند.

در پروژه‌های بیمارستانی، کاربران مرکز باید در جلسه اولیه پذیرش شرکت کرده و در بازنگری طراحی سهیم باشند. در صورت رضایت، آنها باید نقشه‌ها و مشخصات را به نشانه تایید طراحی، امضا کنند.

نمونه‌هایی از گروه‌های کاربری که باید در جلسه اولیه پذیرش شرکت داشته باشند به شرح زیر است:

- مدیریت
  - مالی
  - متصدی بهره‌برداری کل مرکز
  - متصدی بهره‌برداری هر بخش
  - رئیس هر بخش (یا فرد تعیین‌شده از سوی او)
- سرپرست (سوپروایزر) اتاق‌های عمل
- رئیس بخش کارکنان (برای خدمات مورد نظر)
- رئیس بخش پزشکی
- داروخانه
- خدمات غذا
- خدمات نظافتی
- رختشویی
- نگهداری
- بخش اورژانس
- بخش استریل‌سازی
- آزمایشگاه‌ها
- سیستم‌های اطلاع‌رسانی
- زیست‌پزشکی (مهندسی بالینی)

- رادیولوژی
- حراست
- طب اطفال
- نماینده‌های بخش‌های خاص
  - ارتوپدی
  - مراقبت‌های قلب
  - اتاقهای ایزوله
  - پیوند اعضاء
  - مراقبت ویژه (IC)
  - مرکز توان‌بخشی
  - حمل و نقل (عمودی و افقی)
- کنترل بیماری‌های عفونی
  - مدیریت خطر
  - بخش بستری
  - بخش عمومی

همه این گروه‌ها نمی‌توانند در هر جلسه شرکت کنند، ولی باید در جلسه طراحی حضور داشته باشند تا اطمینان حاصل شود که نیازهای آنها برآورده می‌شود. آنها در همه جلسات پذیرش نیز نمی توانند شرکت کنند، ولی باید در جریان باشند و دعوت از آنها برای شرکت در جلسات پذیرش باید ادامه یابد. کاربران باید در همه تصمیمات مرتبط با آنها و بخش-هایشان در صورت لزوم دخالت داشته باشند.

ممکن است جلسات بیشتری برای ارتباط و اطلاع دائمی افراد، برنامه‌ریزی شود. صورتجلسه باید برای همه اشخاص شرکت‌کننده در جلسات اولیه، بعلاوه روسای بخش‌ها و دیگرانی که در پروژه اهمیت دارند، ارسال شود.

۱۲-۴-۴ معمار و مهندس ارشد

معمار و مهندس ارشد، مسئول پیشبرد اهداف و اساس طراحی و مدارک قرارداد (با نظر مالک) هستند. متخصصان طراحی باید نماینده‌ای در هر زمینه برای اتخاذ تصمیمات طراحی بجای خودشان تعیین کنند. نماینده‌ها باید در جلسات پیشرفت ساخت وساز و پذیرش شرکت کنند.

معمار و مهندسان باید ماهانه از محل بازدید کرده و گزارشی براساس یافته‌ها و مشاهدات خود تهیه کنند. این گزارشات باید توسط مالک و مسئول پذیرش، ۷۲ ساعت پس از هر بازدید از هر محل بایگانی شود (این مساله باید در قراردادها ذکر گردد). معمار و مهندس ارشد باید درخواست اطلاعات (RFI[۱]) را ظرف پنج روز و درخواست تغییر سفارش خرید (COR[۲]) را ظرف ده روز ارائه دهند (این موارد نیز باید در قراردادها ذکر گردد). پاسخ‌گویی به این نیازها در به موقع انجام شدن پروژه، ضروری است.

۱۲-۵ وجه اشتراک فرایند پذیرش و ساخت‌وساز

۱۲-۵-۱ فاز پیش‌طراحی

در این فاز، مالک تصمیم می‌گیرد که مرکز جدیدی احداث کند یا قسمتی از مرکز موجود را بازسازی کند. وی در این مرحله خواسته‌ها، نیازها و الزامات پیشنهادی خود را بررسی می‌کند. مالک همچنین باید درباره تیم طراحی حرفه‌ای بیندیشد. بر این اساس، جلسه‌ای برای تعیین فهرستی از واجدین شرایط) برقرار می‌شود. سپس با افراد این فهرست، مصاحبه انجام شده و تیم طراحی انتخاب می‌شود. پس از انجام این مرحله، مالک با همکاری تیم طراحی، فرایند طراحی را پیش می‌برد.

پس از این که برنامه مالک مورد قبول واقع شد، معمار و مهندسین باید اهداف و اساس طراحی و مدارک طراحی را توسعه دهند. در اهداف طراحی باید به وضوح بیان شود که سیستم‌ها چگونه کار می‌کنند. اهداف طراحی باید برای اتاقهای عمل، بخش اورژانس، اتاقهای بستری بیمار، خدمات غذایی، خدمات و... توسعه داده شود. بلافاصله پس از توسعه و پذیرش اهداف طراحی، طراحی می‌تواند آغاز شود.

۱۲-۵-۲ فاز طراحی

حین فاز طراحی، مسئول پذیرش باید قرارداد پذیرش و مفاد آن را در مراحل مختلف پیشرفت پروژه (۳۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪) بررسی کند. نظرات وی در مورد طراحی باید در مراحل مختلف پیشرفت ارائه شود. طراح باید در مرحله بعد، مدارکی را برای مقایسه و تایید

---

[۱] Request for information

[۲] Change order request

اینکه نظرات قبلی ارائه شده در مدارک فعلی در نظر گرفته شده است، تهیه کند. در فاز طراحی، مالک ممکن است یک پیمانکار آزمون و بالانس هوا را برای بررسی مدارک آزمون و بالانس سیستم‌ها، بکار گیرد.

حین فاز طراحی، باید مجموعه‌ای از مشخصات و ویژگیهای فرایند پذیرش توسعه داده شده و در قرارداد پذیرش بیاید. این مشخصات باید به پیمانکارانی که پذیرش را هدایت خواهند کرد، منتقل شود و شامل مسئولیت‌های مالک، طراح، کارفرما و پیمانکاران در فعالیت‌های پذیرش باشد.

۱۲-۵-۳ فاز ساخت‌وساز

در فاز ساخت‌وساز، هدف اصلی ساختن ساختمانی در زمان مقرر و با بودجه مشخص است. در این فاز، پیمانکاران مختلف باید برنامه پذیرش (تست) را ارائه کنند که نقش خاص آنها در پروژه را توضیح می‌دهد. پیمانکاران باید برای تحویل مواد و تجهیزات برنامه زمان-بندی داشته و این برنامه‌ها را در طرح کلی فرایند پذیرش و برنامه‌ریزی پروژه بیاورند. طرح‌های پیشنهادی باید همزمان به دست مسئول پذیرش و معمار و مهندس ارشد برسد تا آنها بتوانند تطابق طرح‌ها با اهداف پذیرش را بررسی کنند. اگر مسئول پذیرش نظرات اساسی و نظراتی مبنی بر ناهماهنگی داشته باشد، طرح‌ها باید جهت اصلاح به پیمانکار مربوط بازگردانده شده و پس از اصلاح، دوباره ارائه شود.

پس از پذیرش برنامه‌های پذیرش، آنها باید به پیمانکاران مربوط بازگردانده شود تا بر اساس آنها، تجهیزات و مواد سفارش داده شود. زمانی‌که مواد و تجهیزات لازم سفارش داده شد، پیمانکاران باید نقشه‌های لازم را تهیه کرده و آنها را برای تایید ارائه کنند. نقشه‌های ارائه شده باید توسط پیمانکاران مرتبط (مکانیکی و الکتریکی) بررسی شوند. این نقشه‌ها باید برای تعیین وجود تداخل بین لوله‌های آب، کانال‌کشی، سیم‌کشی، روشنایی، تجهیزات و... بررسی شوند. مسئول پذیرش و معمار و مهندس ارشد باید این نقشه‌ها را تایید کنند و پس از آن برای نصب سیستم‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

در طول فاز ساخت‌وساز، مسئول پذیرش باید در جلسات هماهنگی پروژه شرکت کند و در جریان جلسه‌ها باشد. وی باید جلسات پذیرش را نیز اداره کند که معمولا یک روز قبل از جلسات هماهنگی برگزار می‌شود تا مسائل مربوط به فرایند پذیرش مستند شده و در صورتجلسه‌های هماهنگی ارائه و ثبت شود.

مسئول پذیرش باید بازرسی و تایید کند که تجهیزات و سیستم‌ها در هماهنگی با برنامه پذیرش، نقشه‌های مکانیکی و الکتریکی و مطابق قرارداد نصب می‌شوند. نقایص باید به صورت مکتوب به پیمانکاران مربوطه اعلام شده و آنها باید طی مدت ۵ روز راه‌حلی ارائه دهند. اگر نقص نتواند در زمان مقرر تصحیح شود، باید به مسئول پذیرش اعلام شود چه زمانی آن نقص تصحیح خواهد شد و همراه آن اطلاعات تکمیلی نیز ارائه شود.

حین فاز ساخت‌وساز، مسئول پذیرش باید برنامه آزمون‌های پیش-عملکردی و عملکردی را توسعه دهد. در آزمونهای پیش-عملکردی، دستگاه‌ها باید پذیرش شده و سیستم‌ها مطابق با مفاد قرارداد شسته و تمیز شوند. فرمهای آزمون پیش-عملکرد باید به پیمانکار برای تکمیل و امضا داده شود. سپس، مسئول پذیرش، فرمها را برای امضا به کارفرما تحویل می-دهد. زمانی که فرمهای آزمون پیش-عملکرد تکمیل و امضا شد، برای تایید اینکه هیچ مساله مبهمی وجود ندارد، به مسئول پذیرش بازگردانده شده و وی این قسمت از فرایند را امضا می‌کند. براساس پذیرش آزمونهای پیش-عملکرد، پیمانکار مربوط و کارفرما، همراه با مسئول پذیرش، توافق می‌کنند که سیستم‌ها پذیرش شده، کانالها تمیز شده، لوله‌های آب شسته شده، کنترلها کار می‌کنند و سیستم‌ها عیب‌یابی شده است. تستهای پیش-عملکرد تایید می‌کنند که تجهیزات و سیستم‌ها در شرایط کارکردی مطلوبی بوده و برای آزمونهای عملکردی آماده هستند.

مسئول پذیرش باید وقتی تجهیزات در محل قرار گرفته و آزمون شروع شد، در محل ساخت‌وساز حضور داشته باشد. وی باید دائما کیفیت ساخت‌وساز را طبق قرارداد، بررسی کند. سیستمهایی که طراحی نشده است یا قراردادی برای آنها بسته نشده است، شامل فرایند پذیرش نمی‌شوند.

۱۲-۵-۴ ملاحظات خاص برای مراکز درمانی

تامین یک محل کار تمیز در همه پروژه‌ها، موضوع مهمی است ولی در پروژه‌های درمانی اهمیت ویژه‌ای دارد. مسئولیت انجام کار در وضعیت نسبتا تمیز برعهده پیمانکاران است. طراحان و مسئول پذیرش (همینطور پیمانکاران) باید از تاثیر پاکیزگی بر سیستمهای تکمیل-شده آگاه باشند.

گرد و خاک و آلودگی حاصل از ساخت‌وساز و همچنین رطوبت در سیستم‌های تکمیل-

نشده در همه پروژه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در بیشتر موارد، انتهای کانالها و سیستم‌های لوله‌کشی تا فاز بعدی کار، به صورت باز رها می‌شوند. به عنوان یک مثال، حین نصب سیستم هوایی، کار اول احتمالا نصب کانالهای اصلی است. مرحله دوم نصب هواسازها و اتصال آنها به کانالهای اصلی و سپس نصب کانالهای توزیع در پایین‌دست هواسازها است. مرحله نهایی نصب دریچه‌ها در محل‌های نهایی و اتصال آنها به کانالهای توزیع هوا است. روزها، هفته‌ها، یا ماه‌ها ممکن است بین هر یک از این فازها فاصله بیفتد. اگر انتهای سیستم در پایان هر روز، شیفت کاری یا هر فاز به صورت باز رها شود، تمام آلودگی ناشی از ساخت‌وساز و گرد و خاک و برگ‌ها غیره در آن جمع خواهد شد.

این مثال می تواند برای دیگر اجزای سیستم‌های مکانیکی مانند هواساز، لوله‌کشی گاز طبی و... نیز بکار رود. انبارش تجهیزات هم می‌تواند نگرانی مهمی باشد. تجهیزات معمولا روی پالت حمل شده و با روکش‌های مناسب پوشانده می‌شود. این روش خوبی برای حفاظت از تجهیزات تا زمان نصب است. به محض اینکه روکش برای نصب اولین دستگاه یا کانال هوا برداشته شود، باقیمانده تجهیزات روی پالت در معرض شرایط محیطی نامناسب قرار خواهند گرفت.

۱۲-۶ هزینه‌ها، نتایج و مزایا

در حال حاضر هیچ روش استانداردی برای تعیین هزینه خدمات پذیرش وجود ندارد. برخی از متداول‌ترین روشهای تعیین هزینه در ادامه بحث شده است. فارغ از روش بودجه-بندی انتخاب‌شده، در قراردادهای پیمانکاران عمومی و تخصصی باید به وضوح بیان شود که اگر چه مالک در ابتدا هزینه‌ها را به مسئول پذیرش پرداخت می‌کند، اما اگر سیستم‌ها خراب شوند یا تاخیر در پذیرش مقرر یا زمان‌بندی پروژه ایجاد شود، هزینه‌های اضافی تحمیلی به مسئول پذیرش باید توسط پیمانکاران پرداخت شود.

۱۲-۶-۱ بودجه‌بندی درصدی از هزینه کلی مکانیکی/الکتریکی پروژه

محدوده ۱/۵٪ تا ٦٪ هزینه تاسیسات مکانیکی/الکتریکی قابل قبول است. معمولا درصدهای بالایی برای پروژه‌هایی است که کوچکترند یا پیچیده‌ترند.

۱۲-۶-۲ بودجه پذیرش جداگانه، مستقل از بودجه پروژه

اختصاص بودجه پذیرش بین ۳۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ ریال برای هر مترمربع در هر سال

مناسب خواهد بود.

۱۲-۶-۳ نتایج پذیرش

اگرچه فرایند پذیرش اغلب به عنوان یک هزینه اضافی در پروژه‌ها دیده می‌شود، مالکانی که فرایند پذیرش را تجربه کرده‌اند، می‌دانند که در واقع افزایش هزینه‌ای قابل توجهی متحمل نمی‌شوند. هزینه‌های فرایند پذیرش، با هزینه دیگر فرایندهای معمول ساخت‌وساز قابل مقایسه است. برای مثال، ۲-٦٪ هزینه تاسیسات مکانیکی و الکتریکی برای فرایند پذیرش در مقایسه با ۹-۱۸٪ هزینه ناشی از تغییر سفارشات و خواسته‌ها در پروژه‌های کلان زیاد نیست.

علاوه بر مزایای اشاره شده قبلی، تجربه نشان می‌دهد که یک برنامه پذیرش موثر می-تواند همچنین:

- تغییر سفارشات و خواسته‌ها را از ۵۰٪ تا ۹۰٪ کاهش دهد؛
- موجب صرفه‌جویی انرژی در سال اول کارکرد که معمولا از هزینه پذیرش تجاوز می‌کند؛
- هزینه‌های کلی نگهداری سیستم را در طول سال اول به مقداری که قابل مقایسه با هزینه برنامه پذیرش است (و اغلب از آن بیشتر است)، کاهش می‌دهد.

۱۲-۶-۴ مزایای پذیرش

مزایای اجرای فرایند پذیرش در جداول ۱۲-۱ تا ۱۲-۳ آمده است. داده‌های گزارش‌شده در این جداول به وضوح نشان می‌دهد که برنامه‌های پذیرش مزایای کارکردی و اقتصادی را برای مالک فراهم می‌کند.

اطلاعاتی که به طور قطع بهبود در بهره‌وری کارگران، ناشی از فرایند پذیرش را نشان دهد، وجود ندارد، اگر چه چنین مزایایی به صورت ضمنی گزارش شده است.

جدول ۱۲-۱ مزایای فرایند پذیرش

مزایای فرایند پذیرش	درصد مواردی که مزیت را گزارش کرده‌اند
صرفه‌جویی انرژی	۸۲
آسایش حرارتی	٤٦
بهینه شدن تعمیر و نگهداری	٤۲
کیفیت هوای داخل	۲٥
افزایش روحیه ساکنان و کارکنان	۸
افزایش بهره‌وری	۸
کاهش تغییر سفارشات	۸
تکمیل به موقع پروژه	۷
جلوگیری از منازعه و اقامه دعوا	٦

جدول ۱۲-۲ مزایای فرایند پذیرش در رابطه با آسایش حرارتی

مزیت	درصد مواردی که مزیت را گزارش کرده‌اند
کنترل آسایش حرارتی	۹۰
کاهش نیاز به کنترل رطوبت	٥۲
بهبود بالانس سیستم هوایی	۳۰
کاهش شکایات کاربران	۳۰

جدول ۱۲-۳ مزایای پذیرش در رابطه با کیفیت هوای داخل

مزیت	درصد مواردی که مزیت را گزارش کرده‌اند
بهبود تعویض هوا	۷۰
بهبود کنترل آلاینده‌ها	۲۲
بهبود سطح دی‌اکسید کربن	۱۹
بهبود کنترل نم و رطوبت	۱۱
بهبود سطح آلاینده‌ها در اتاقهای تمیز و آزمایشگاه‌ها	۸

همه افراد دخیل شامل مالک، تیم طراحی و پیمانکاران می‌توانند مزایای فرایند پذیرش سیستم‌های ساختمانی را در پروژه حس کنند. در واقع فرایند پذیرش به یک موقعیت برد-برد-برد برای همه اعضای تیم منجر می‌شود.

مالک مدارک و آموزش منجر به آگاهی بیشتر روی تاسیسات سیستم‌های ساختمانی و عملکردها را دریافت می‌کند. به دلیل آزمایش شدن، به محض سکونت، مالک مشکلات عملکردی کمتر، وابستگی کمتر به پیمانکار و رضایتمندی بیشتر از پروژه را تجربه می‌کند. پروژه‌ها اغلب به موقع و با صرفه‌جویی در هزینه کلی تکمیل می‌شوند.

تیم طراحی با الزامات مورد نظر مالک، روشها و رویه های نصب سیستم، بیشتر آشنا می‌شود. در شناسایی مشکل و حل آن بیشتر دخالت خواهد داشت. همچنین به دلیل تکمیل به موقع و صرفه جویی در هزینه‌ها، رضایت‌مندی مالک از تیم طراحی بهبود می‌یابد.

پیمانکار می‌تواند مشکلات را زودهنگام شناسایی کرده و پروژه را مطابق جدول زمان-بندی پیش ببرد. همچنین دوباره‌کاری کم می‌شود و کارایی بیشتری در نصب سیستم، شروع به کار، کارکرد، آزمون و آموزش که منجر به صرفه‌جویی در هزینه می شود، وجود خواهد داشت.

مزایای خاصی که می‌توان از یک برنامه پذیرش موفق بدست آورد، شامل موارد زیر است:

- سیستم‌های ساختمانی با کیفیت بالا و اطلاع از اینکه یک مرکز، سازگار با هدف طراحی مالک کار می‌کند و نیازهای ساکنان را برآورده می‌کند.
- شناسایی سریع نقایص و کاستی های سیستم در فرایند ساخت تا بتوان آنها را زمانی که پیمانکاران مربوطه هنوز مشغول کار هستند، رفع نمود. این امر تعداد فراخوان مجدد پیمانکاران را کاهش می‌دهد.
- مستندسازی، آموزش و تربیت اپراتورها و مدیران مرکز برای اطمینان از عمر طولانی‌تر تجهیزات و بهبود عملکرد.
- بیشتر شدن قابلیت اطمینان تجهیزات با شناسایی مشکلات سیستم حین ساخت‌و-ساز. بر این اساس، فرایند پذیرش از تعطیلی پرهزینه به دلیل خرابی نابهنگام تجهیزات جلوگیری کرده و استهلاک و فرسودگی تجهیزات را با اطمینان از کارکرد مناسب آنها کاهش می‌دهد.
- کمتر شدن هزینه‌های تعمیر و نگهداری.
- بهبود کیفیت هوای داخل و آسایش ساکنان. مدیریت این عوامل به طور موثری عدم حضور کارکنان را کاهش داده و بهره‌وری و روحیه آنها را بهبود می‌بخشد. علاوه

بر این، کاهش نارضایتی بیماران و ساکنان از عدم آسایش، احضار کارکنان تعمیر و نگهداری را به حداقل می‌رساند.

- کنترل بهتر عفونت.
- کاهش احتمال منازعه و اقامه دعوا. این امر برای مالکان (در موارد آسیب شخصی) و برای مهندسان و پیمانکاران (به دلیل ادعای خسارت توسط مالکان) صادق است.

۱۲-۷ جمع‌بندی

پذیرش یک فرایند جامع و منظم است که نیاز به تعهد دوطرفه مالک و مسئول پذیرش برای اطمینان از موفقیت دارد. هدف از فرایند پذیرش تحویل یک ساختمان به مالک آن است که اهداف طراحی را با ضمانت‌های مناسب (مانند آموزش اپراتور و مستندسازی موارد لازم) برای اطمینان از تداوم عملکرد مناسب برآورده می‌کند. زمانی که مالکان، پیمانکاران، مهندسان و معماران مزایای پذیرش را مشاهده می‌کنند، آن را جزء برنامه پروژه‌های ساختمانی قرار می‌دهند. اگرچه تعاریف بسیاری از فرایند پذیرش وجود دارد، باید بخاطر داشت که پذیرش آخرین برنامه تضمین کیفیت در عمر یک ساختمان است. بدین ترتیب، باید به وضوح و صراحتا الزامات استانداردهای موردنیاز را تامین کند. مسئول پذیرش از سوی مالک مسئولیت دارد تا اطمینان حاصل کند که بالاترین الزامات مورد نظر استانداردها برآورده شده و ساختمان مطابق با الزامات مورد نظر مالک و نیازهای ساکنان آن اجرا می-شود.

۱۳ تاثیر شرایط آب و هوایی

۱۳-۱ مقدمه

در تدوین این دستورالعمل، سعی بر آن شد تا در فصلهای مختلف، شرایط آب و هوایی در نظر گرفته شود و در مواردی که شرایط آب و هوایی نقش موثری در طراحی و اجرای سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع به عهده دارد، مدنظر قرار گیرد. این امر به خصوص در بخشهای مختلف فصلهای ٦ تا ٩ قابل مشاهده است. با این وجود با توجه به شرایط متنوع آب و هوایی کشور در فصل حاضر به برخی از الزامات و نکات خاص سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مراکز درمانی با توجه به شرایط آب و هوایی پرداخته می‌شود.

۱۳-۲ محاسبه بار گرمایی و سرمایی

مهمترین عامل در محاسبه بار، شرایط طرح محیط بیرون است. میزان دما و رطوبت نسبی، سرعت باد و ... از جمله اطلاعاتی هستند که برای مناطق مختلف آب وهوایی و شهرهای مختلف به عنوان شرایط طرح محیط بیرون تدوین و در اختیار جامعه مهندسی قرار می‌گیرد. این مقادیر به‌عنوان مبنای محاسبه بار گرمایی و سرمایی در نظر گرفته می-شود. در کشور ایران با توجه به تنوع شرایط آب و هوایی، استخراج و استفاده صحیح این اطلاعات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

یکی از مهمترین اقداماتی که در زمینه بهینه‌سازی انرژی و تامین شرایط مناسب محیط داخل باید به انجام رسد، تعیین صحیح میزان انرژی موردنیاز برای گرمایش و سرمایش ساختمان و همچنین فرایند لازم برای رسیدن به شرایط آسایش است. نکته نخست این است

که هنوز استاندارد و عدد مشخصی در ایران برای شرایط محیط بیرون به صورت فراگیر در جامعه مهندسی تاسیسات وجود ندارد. یعنی معمولا در محاسبات مربوط به بارهای گرمایی و سرمایی ساختمان‌ها و نقطه شروع فرایند طراحی، بدترین شرایط آب و هوایی بیرون چه در تابستان و چه در زمستان به عنوان ملاک طراحی در نظر گرفته می‌شود. این امر موجب انتخاب سیستمهای گرمایی و سرمایی نامناسب با ابعاد بزرگتر از حد نیاز و به تبع آن مصرف انرژی بسیار بالا در آنها می‌گردد. از طرف دیگر دیدگاه سهل‌گیرانه در مورد شرایط آب و هوایی موجب محاسبه بارهای اندک سرمایی و گرمایی می‌شود که در زمستان و تابستان پاسخگوی نیاز انرژی ساختمان نیست، با توجه به تفاسیر فوق نیاز به ارائه شرایط طرح آب و هوایی بیرون به صورتی است که بتواند علاوه بر تامین آسایش و شرایط ویژه موردنیاز مراکز درمانی، هزینه‌های اولیه (هزینه خرید تجهیزات) و ثانویه (هزینه انرژی، سرویس و نگهداری) ساختمان را بهینه نماید.

در این راستا، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی اقدام موثری را در جهت تعیین شرایط محیط بیرون برای شهرهای مختلف ایران به انجام رسانیده و دستورالعمل انتخاب شرایط بیرون را برای شهرهای با جمعیت بالای ۵۰۰۰۰ نفر تدوین کرده است (پیوست پ). متاسفانه این دستورالعمل بر اساس استاندارد قدیمی ASHRAE برای تعیین شرایط طرح بیرون تدوین شده و تاکنون به دلیل عدم حمایت لازم و دسترسی نداشتن به آمارهای هواشناسی، به روز نشده است.

بر اساس پیشنهاد ASHRAE شرایط طرح زمستانی و تابستانی مختلفی برای ساختمان-ها با کاربریهای مختلف توصیه و الزام می‌شود. بر همین اساس برای بخش‌هایی که بیمار بستری می‌شود یا برای بخش مربوط به جراحی بیماران سرپایی باید شرایط طرح تابستانی ۰/٤٪ دمای خشک و دمای تر هم‌روی‌ده متناظر با آن برای محاسبات سرمایشی، و شرایط طرح زمستانی ۹۹/٦٪ دمای خشک برای محاسبات مربوط به بار گرمایشی انتخاب شود. برای بخش‌های عادی و کلینیکی مربوط به بیماران سرپایی از شرایط طرح تابستانی و زمستانی به ترتیب ۱٪ و ۹۹٪ برای محاسبه بارهای سرمایی و گرمایی استفاده می‌شود.

به دلیل استفاده از هوای بیرون و رطوبت‌زدایی، بیشینه بار سرمایشی می‌تواند در پیک دمای تر طرح اتفاق بیفتد. به همین دلیل برای اندازه‌گذاری و انتخاب تجهیزات تبخیری و رطوبت زدا، طراح باید پیک بار کل (مجموع بار محسوس و نهان) را بر اساس این شرایط آب وهوایی در نظر بگیرد.

در هر پروژه ، طراح باید در استفاده از اطلاعات شرایط طرح محیط بیرون بسیار مراقب

باشد تا پروژه از حالت عملی خارج نشود. همچنین طراح باید به وجود یا عدم وجود و همچنین نوع ساختمان‌ها و محیط پیرامونی بیمارستان دقت نماید. به عنوان مثال اگر هوای محیط بیرون که توسط یک سیستم تعویض هوا به داخل ساختمان بیمارستانی مکش می-شود، از روی ساختمان مجاوری که دارای سقفی تیره است گذر کند، به‌دلیل انرژی تشعشعی جذب شده توسط آن سقف، دارای درجه حرارت بالاتری نسبت به هوای محیط آزاد و بدون ساختمان است. که این امر قطعا بر عملکرد سیستم سرمایشی بیمارستان اثر مخربی خواهد داشت.

۱۳-۳ انتخاب سیستم سرمایشی

در فصل ٦ در مورد سیستم سرمایشی و انتخاب آن توضیحات لازم ارائه شد با این وجود یکی از پارامترهایی که در انتخاب این سیستمها تاثیر دارد شرایط آب و هوایی است. یکی از عوامل بسیار مهم بر انتخاب نوع سیستم سرمایشی، کارکرد برج‌های خنک‌کن است. در مناطق گرم و مرطوب، به دلیل رطوبت بالا و عدم کارایی مناسب برجهای خنک‌کن، بسیاری از طراحان ترجیح می‌دهند که از کندانسورهای هوایی برای سیستمهای سرمایشی استفاده کنند که این امر موجب محدود شدن استفاده از سیستمهای سرمایش جذبی می‌شود زیرا در اکثر انواع این سیستمها امکان استفاده از کندانسورهای هوایی وجود ندارد. علاوه بر این با توجه به این که سیستمهای جذبی نسبت به سیستمهای تراکمی مشابه به کندانسورهای بزرگتری نیاز دارند و برجهای خنک‌کن از کارایی مناسبی در این مناطق برخوردار نیستند استفاده از سیستمهای جذبی منجر به افزایش تصاعدی مصرف انرژی الکتریکی و آب می‌شود که از توجیه استفاده از این سیستمها نسبت به سیستمهای سرمایش تبرید تراکمی می‌کاهد.

با بررسی کارکرد برجهای خنک‌کن در شرایط مختلف آب و هوایی، می‌توان کشور را به سه منطقه مطابق شکل۱۳-۱ تقسیم نمود. بر اساس این تقسیم‌بندی، توصیه‌های زیر در مورد استفاده از سیستمهای سرمایشی ارائه می‌شود:

منطقه ۱:

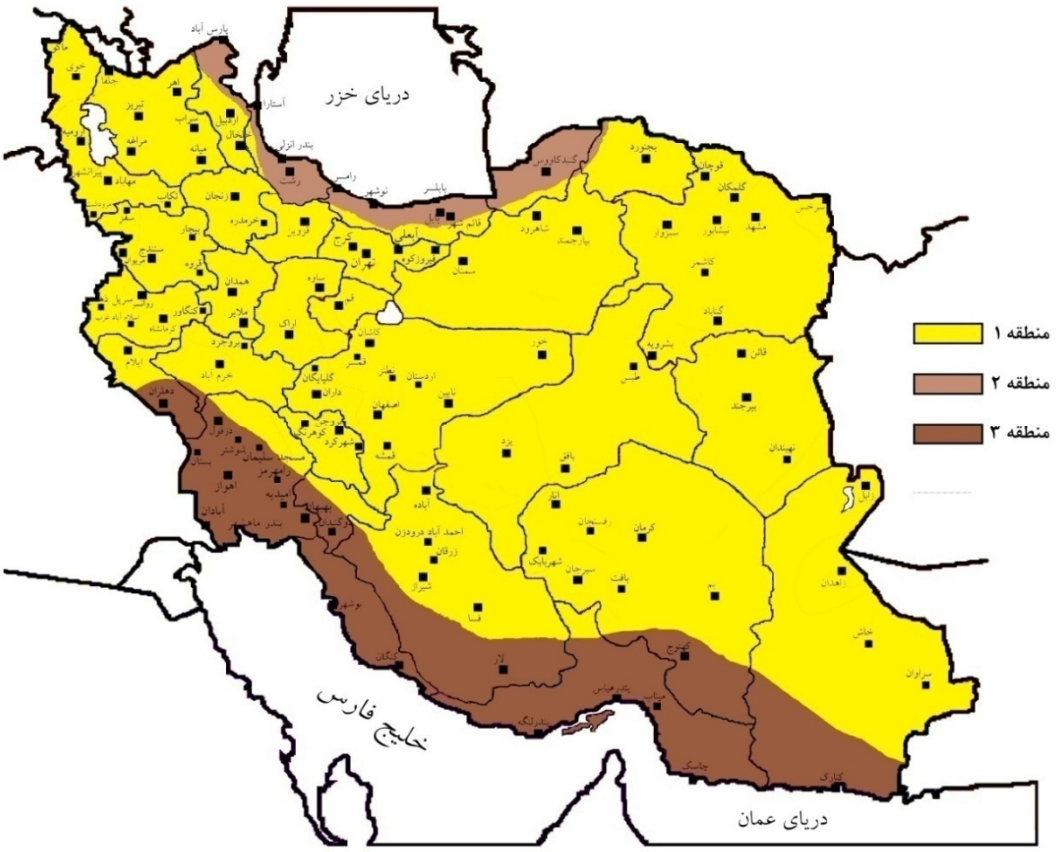
در این منطقه در صورت وجود آب مناسب (انشعاب آب با سختی کمتر از ٤۰۰ ppm) و وجود انشعاب گاز، استفاده از سیستمهای سرمایش جذبی توصیه می‌شود.

منطقه ۲:

در این منطقه، کارکرد برجهای خنک‌کن بسیار حساس بوده و تنها در صورتی برج‌ها از کارایی مناسب برخوردارند که در موقعیت و ارتفاع مناسب نصب شده باشند و سختی‌گیری و سرویس و نگهداری به طور مناسب انجام شود. با رعایت موارد فوق و در صورت وجود آب مناسب (انشعاب آب با سختی کمتر از ppm ٤٠٠) و وجود انشعاب گاز، امکان استفاده از سیستمهای سرمایش جذبی وجود دارد. در صورت تشخیص طراح و ناظر به این که شرایط فوق فراهم نمی‌شود از سیستمهای تبرید تراکمی استفاده شود.

منطقه ۳:

در این منطقه برجهای خنک‌کن، کارایی مناسبی ندارند و توصیه می‌شود از سیستمهای تبرید تراکمی استفاده شود.



شکل۱۳-۱ پهنه‌بندی ایران برای استفاده از انواع سیستمهای سرمایشی

۱۳-۴ محافظت در برابر یخ زدگی

در شرایط آب و هوایی سرد، ترکیدن کویل‌ها یا خاموش شدن خودکار سیستم به واسطه تماس با هوای زیر صفر درجه سلسیوس، یک رخداد رایج در تاسیسات ساختمان است که به دلایل زیر اتفاق می‌افتد:

- اختلاط نامناسب هوا
- قرار گرفتن کویلها در معرض ۱۰۰٪ هوای بیرون
- جمع شدن آب کندانس در کویل‌های بخار
- جانمایی و نصب نامناسب سنسور ضد یخزدگی

زمان لازم برای باز کردن کویل صدمه‌دیده و تمیز کردن بدنه آب گرفته هواساز (و احتمالا تمیزکاری شیمیایی آن) می‌تواند یک هواساز را در شدیدترین شرایط بحرانی آب و هوایی، برای یک مدت طولانی از مدار خارج نماید. نشت آب از یک کویل سرمایی صدمه دیده در داخل دستگاه می‌تواند یک محیط مناسب برای رشد میکروب فراهم نموده و برای مدت زمان طولانی نیز معلوم نشود.

صدمه بالقوه‌ای که به مراکز درمانی در چنین شرایطی وارد می‌آید می‌تواند بسیار شدید و پرهزینه باشد. این بخش به چند روش عمومی پیشگیری از یخزدگی می‌پردازد. توصیه می‌شود که مهندس طراح توجه دقیقی به بهره‌برداری زمستانی دستگاه نماید تا مطمئن شود پیش‌بینی دقیقی از وضعیت‌های محتمل دارد که طی آن دستگاه نه تنها در حالت کارکرد طبیعی بلکه طی حالت های خالی، اضطراری یا نقص فنی دچار مشکل یخزدگی نخواهد شد.

اگر شرایط آب و هوایی به گونه‌ای باشد که امکان پایین آمدن دمای هوای بیرون تا ۲ درجه سلسیوس باشد، باید یک کویل پیش‌گرمایش در بالادست کویل سرمایی قرار گیرد تا از کویل سرمایی در برابر یخزدگی محافظت کند. در صورتی که از کویل پیش‌گرمایش استفاده نشده باشد، یک پایشگر یخزدگی با یک سنسور در بالادست کویل سرمایی، شرایط دمایی را کنترل کرده و در صورت رسیدن به شرایط تنظیمی، فن های رفت، برگشت و تخلیه را خاموش کرده، دمپرهای هوای بیرون را بسته و شیر آب سرد را تا انتها باز کند. توجه داشته باشید که در چنین شرایطی آب سرد باید در کل کویل با دبی قابل ملاحظه‌ای پمپ شود تا امکان یخزدگی کاهش یابد. در شرایط شدیدا سرد، این کار نمی‌تواند از یخزدگی جلوگیری کند و شیر خودکار باید کویل را تخلیه کند. در این صورت، قبل از شروع کار فن-

ها، شیر کنترل پیش‌گرمایش فعال شده یا یک تاخیر زمانی در پایشگر یخ‌زدگی ایجاد می‌شود تا فن در زمان شروع به کار، دچار اشکال نشود. وظیفه پایشگر یخ‌زدگی این است که دمای یخ زدن را تشخیص داده و اخطار دهد و هواساز را قبل از آسیب دیدن کویل، خاموش نماید. بسیاری اوقات نصب نابجای پایشگر یخ‌زدگی باعث آسیب دیدن کویل‌ها می‌شود. پایشگر یخ‌زدگی باید به گونه‌ای طراحی و نصب شود که در هر نقطه از کویل امکان یخ‌زدگی را تشخیص داده و سیستم را خاموش کند.

در صورت استفاده از کویل پیش‌گرمایش، علاوه بر در نظر گرفتن عملکرد تحت شرایط طراحی، طراحان باید به اینکه کویل باید تحت شرایط سخت‌تر نیز عملکرد مناسب داشته باشد توجه داشته باشند. به عنوان مثال، یک فن که طراحی شده تا در هنگام حالت تخلیه دود اضطراری با ۱۰۰ درصد هوای بیرون کار کند، باید یک کویل پیش‌گرمایش با اندازه مناسب داشته باشد که دمای هوای خروجی را به بالاتر از نقطه انجماد افزایش دهد. ملاحظات مربوط به یخ زدن کویل شامل موارد ذیل است.

ملاحظات یخ زدگی برای کویل های بخار

یخ زدن مکرر کویل بخار نتیجه این است که قسمتی از کویل که در آن کندانس انباشته می‌شود در معرض دمای هوای سرد قرار می‌گیرد. بنابراین طراحان باید توجه خاص به تخلیه کندانس از کویل بخار داشته باشند.

ملاحظات یخ زدگی برای کویل های آب گرم

جایی که از کویل‌های آب گرم استفاده شده است طراحان باید براساس شرایط آب و هوایی، یک راه حل پیشگیری از یخ‌زدگی در سیستم را بکار گیرند. علاوه بر عایقکاری مناسب، استفاده از درصد بالای گلیکول می تواند به خوبی تا دمای ۱۸- درجه سلسیوس از یخ زدن جلوگیری نماید. این امر معایبی همچون کاهش انتقال حرارت، افزایش انرژی موردنیاز برای پمپاژ و ملاحظات خاص تعمیرات و نگهداری را دارد. مسئولین تعمیر و نگهداری باید درصد آب/گلیکول را مطابق آنچه طراح تعیین کرده استفاده نمایند ولی اغلب این عمل به درستی انجام نمی‌شود و پرسنل نگهداری، درصد گلیکول را تنها با توجه به رنگ محلول حدس می‌زنند. باید در بکارگیری فرمولاسیون ضدیخ صحیح دقت شود؛ نمونه هایی از اشتباه پرسنل نگهداری در بکارگیری ضدیخ اتومبیل در تاسیسات گرمایشی باعث ایجاد رسوب نامطلوب در کویل‌های گرمایی شده است. به هر حال وقتی که ضدیخ به درستی

استفاده شود، می تواند یک انتخاب خوب باشد. یکی از روشهای مناسب حفاظت از یخزدگی در کویل های گرمایی، چه از ضدیخ استفاده شود چه از آب، استفاده از پمپ اختصاصی است، در این حالت، پمپ یک جریان پیوسته آب در کویل گرمایی در کل فصل کاری ایجاد کرده و به واسطه چرخش آب و همچنین گرمای انتقالی از پمپ به آب، از یخزدگی جلوگیری می‌کند.

۱۳-۵ سختی گیری آب

سختی آب یکی از مواردی است که موجب مشکلات جدی در سیستمهای تاسیساتی شده و عمر و کارایی سیستم را کاهش می‌دهد. رسوب در تجهیزات و لوله‌کشی به واسطه ته نشینی مواد مرکب شیمیایی خاص شکل می‌گیرد که به عنوان نمک‌های معدنی شناخته می‌شوند. تجمع مواد مرکب شکل دهنده رسوب در آب به عنوان سختی معروف است که با واحد میلی گرم در متر مکعب (ppm) یا گرین در گالن مورد سنجش قرار می‌گیرند. در فصل هفتم در مورد روشهای مقابله با سختی و خوردگی بحث شد. در این قسمت بر اساس شرایط ایران توضیحاتی تکمیلی ارائه می‌شود.

بر اساس آنالیزهای انجام شده، آب همه شهرهای کشورسختی بالایی دارند. نمک‌های معدنی رایج مثل منیزیم و کربنات کلسیم، حلالیت پذیری کمی دارند و بنابراین وقتی دما در بویلر یا سایر مبدل‌های حرارتی بالا می‌رود، این نمک‌ها ته نشین شده و سبب ایجاد رسوب می‌شود. شکل گیری رسوب باعث کاهش انتقال حرارت و گرم شدن بیش از حد کویل‌ها و المنت‌ها شده و در نتیجه عملکرد را کاهش می‌دهد و سیستم دچار نقص می‌شود. آب با سختی بالاتر از ۶۰ ppm معمولاً باید از طریق فرایند انتقال یون (رزینی)، سختی گیری شود تا از شکل گیری رسوب در تجهیزات گرمایشی جلوگیری شود. همانطور که در فصل هفتم نیز توضیح داده شد متداول‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین روش کاهش حجم ترکیبات ایجاد کننده رسوب در آب، سختی‌گیری آب با استفاده از زئولیت سدیم (سختی‌گیری رزینی) است. در این روش، حلالیت ترکیبات شکل دهنده رسوب به طور شیمیایی از طریق جایگزین کردن کاتیون‌های منیزیم یا کلسیم با سدیم بالا برده می‌شود و در نتیجه ته‌نشینی و تشکیل رسوب به حداقل می‌رسد. فرایند زئولیت سدیم می‌تواند باعث دفع بیش از ٪۹۸ از ترکیبات تشکیل دهنده رسوب با هزینه‌های نسبتاً پایین شود.

سختی آب برای تعدادی از شهرهای کشور در جدول ۱۳-۱ آورده شده است، هر چند بهتر است با توجه به تغییرات شدید سختی آب در مناطق مختلف، قبل از طراحی، میزان سختی آب اندازه‌گیری شود.

جدول ۱۳-۱ متوسط سختی آب برای شهرهای مختلف ایران

ردیف	شهر	سختی (ppm)	ردیف	شهر	سختی (ppm)
۱	ایلام	۲۳۳	۱٤	گرگان	۳٦۷
۲	سنندج	۱۵۹	۱۵	مشهد	۲۷۸
۳	بوشهر	۵۵۸	۱٦	اردبیل	٤۲۰
٤	ساری	٤۱۲	۱۷	قم	٤٤۳
۵	بیرجند	۲۹۸	۱۸	همدان	۱۹۳
٦	رشت	۳۸۲	۱۹	بجنورد	۵۵٤
۷	شهرکرد	۲۷۷	۲۰	قزوین	۱۳۵
۸	ارومیه	۵۷	۲۱	اهواز	۳۷۱
۹	اراک	۳۵۹	۲۲	کرمان	۲۸۱
۱۰	سمنان	۵۷۱	۲۳	زاهدان	۸۷٤
۱۱	تبریز	۲۲۷	۲٤	شیراز	٤٦۸
۱۲	کرمانشاه	۲۱۳	۲۵	اصفهان	۲۳۳
۱۳	تهران	۲۰۰	۲٦	گلپایگان	۲٤۰

به طور معمول در سختی‌گیرهای رزینی، یک لیتر رزین می‌تواند ٦۸ گرم سختی را جذب و دوباره به وسیله نمک احیا شود. بر همین اساس از رابطه زیر برای تعیین ظرفیت سختی-گیرها بر مبنای مقدار رزین استفاده شود:

$$C = MW * T * H / R$$

که در این رابطه:

C= ظرفیت سختی گیر بر حسب لیتر (فوت مکعب)

MW= دبی آب جبرانی بر حسب لیتر بر ساعت (گالن در ساعت)

T= زمان بین چرخه احیا بر حسب ساعت

H= سختی آب بر حسب ppm (گرین)

R= ظرفیت جذب سختی به ازای یک لیتر (فوت مکعب) رزین که به طور معمول ٦۸ گرم

(۳۰۰۰ گرین) در نظر گرفته می‌شود.

در سیستمهای تاسیساتی که مجهز به دیگ بخار و برج خنک‌کننده هستند، باید دبی آب مورد نیاز هر یک از این تجهیزات تعیین شود و همچنین مقدار سختی آب ورودی مشخص باشد تا بتوان ظرفیت سختی‌گیر را تعیین نمود. علاوه بر مصرف آب و میزان سختی آن باید تناوب احیای یختی‌گیر نیز تعیین شود. به طور معمول تناوب احیای سختی‌گیر بین ۵ تا ۷ روز در نظر گرفته می‌شود. البته در هنگام پر کردن اولیه سیستم این زمان کوتاه تر است و حتی ممکن است به یک یا دو روز برسد ولی در محاسبات سختی‌گیر، حالت پایدار در نظر گرفته می‌شود. چنانچه در پروژه، مصرف‌کننده دیگری مانند ایرواشر وجود داشته باشد، بار سختی‌گیری آن نیز باید در نظر گرفته شود. در تعیین ظرفیت سختی‌گیر باید به همزمانی کارکرد تجهیزات زمستانی و تابستانی توجه شود تا ظرفیت سختی‌گیر بیش از اندازه نشود. به عنوان مثال اگر در موتورخانه از چیلر تبرید تراکمی و دیگ بخار استفاده شود، ممکن است در فصل تابستان بار دیگ‌های بخار بسیار کمتر باشد و بار برج خنک‌کن بیشتر از آن باشد. در این حالت باید مجموع سختی‌گیری در نظر گرفته شود تا مشخص شود که بیشترین سختی‌گیری مربوط به زمستان است یا تابستان و محاسبات بر اساس آن انجام شود. در مورد چیلرهای جذبی که خود از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان بخار محسوب می‌شوند، توجه به کارکرد همزمان برج‌های خنک‌کن و دیگ‌های بخار بسیار اهمیت دارد. ممکن است اختلاف نیازهای سختی‌گیری در فصول مختلف منجر به تغییر زمان یا تناوب احیا شود. تعیین تناوب احیا باید بر اساس بیشترین بار انجام شود و در این صورت ، طبیعی است که در فصول کم‌مصرف، عملیات احیا دیر به دیر انجام شود.

در نصب و راه‌اندازی سختی گیر رزینی، رعایت نکات زیر توصیه می‌شود:

- غلظت نمک طعام جهت احیا حدود ۸ تا ۱۲ درصد باید باشد و دبی آب احیاء حدود ۸-۲ gpm پیشنهاد می‌شود. همچنین مقدار آب مصرفی جهت احیا، حدود ۲ تا ۳ برابر حجم رزین است.
- جهت احیا و شستشویی نهایی رزین‌ها باید از آب نرم استفاده کرد. بدین منظور باید مخزنی با حجم مناسب جهت تامین آب نرم در کنار سختی‌گیر قرار گیرد.

- از آنجایی که مراحل احیای رزین، زمان‌بر است پیشنهاد می‌شود از دو دستگاه سختی گیر هم ظرفیت استفاده شود تا هنگام احیا، سختی گیر دیگر در مدار قرار گیرد.
- در سیستم‌های آب گرم معمولا دبی آب تغذیه، ۰/۵ تا ۲ درصد دبی آب در گردش در نظر گرفته می‌شود. آب تغذیه برای سیستمهای بخار و برج خنک‌کن باید با توجه به شرایط پروژه محاسبه شود.
- سختی گیر بایستی به صورت تثبیت شده‌ای بر روی یک فونداسیون مناسب (ترجیحا بتنی به ضخامت ٤ اینچ) نصب شود و از یخ زدگی محافظت شود.
- آب ورودی بایستی عاری از کلر، میکرو ارگانیزم‌ها، روغن، آهن و اکسیدهای آهن باشد. بدین منظور ممکن است از فیلتر کربن فعال و فیلترشنی قبل از سختی‌گیر استفاده شود.
- به منظور مدیریت صحیح بر عملکرد سختی‌گیر پیشنهاد می‌شود که یک دبی سنج (کنتور آب) بر روی لوله آب تغذیه آن ها نصب شود زیرا در سیستم‌های گرمایش آبی، ظرفیت سختی گیر و محاسبات آن بصورت تقریبی انجام می‌شود.
- در صورتی که سختی گیر به مدت طولانی خارج از سرویس باشد برای جلوگیری از آسیب دیدن رزین‌ها، سختی گیر با آب نرم اشباع شده در نمک کاملا پر شود و به هیچ وجه سختی گیر خشک نگهداری نشود.
- معمولا عمق رزین در سختی‌گیر را ٢٤ تا ٣٦ اینچ در نظر می‌گیرند و برای شستشوی معکوس حداقل ۷۵ درصد عمق رزین باید فضای خالی بالای رزین‌ها وجود داشته باشد بنابراین ارتفاع سختی‌گیر باید حداقل ۱/۷۵ برابر عمق رزین باشد.

۱۳-۶ مصرف بهینه انرژی

۱۳-۶-۱ کلیات

مصرف بهینه انرژی به معنای استفاده موثر از منابع انرژی مصرفی توسط مراکز درمانی است. مسلم است که شرایط جغرافیایی و آب و هوایی تاثیر بسیار زیادی بر مصرف انرژی و راهکارهای مصرف بهینه آن دارد. بهینه‌سازی منبع انرژی شامل بهره‌برداری موثر از همه منابع انرژی دردسترس شامل منابع قابل بازیابی، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر است. فرصتهای مصرف بهینه انرژی شامل استراتژی‌هایی است که طراحی و کارکرد بهبودیافته

سیستم‌ها، تجهیزات، مشخصات ساختمان و سیستم‌های مدیریت انرژی را برای بهره‌برداری موثر از منابع انرژی دردسترس به کار می‌گیرد. این استراتژی‌ها ابزاری مهم برای رسیدن به هدف کاهش هزینه‌های جاری مراکز درمانی با بازگشت سرمایه منطقی و همزمان با حفظ منابع انرژی جهانی ارزشمند است و با توجه به تنوع شرایط آب و هوایی ایران می‌تواند در مناطق مختلف کاملا متفاوت باشد.

این بخش نحوه طراحی با هدف مصرف بهینه انرژی را که می‌تواند در طراحی ساختمانها، سیستم‌ها و تجهیزات تاسیسات درمانی به کار رود، ارائه می‌کند. این استراتژی-های طراحی، مصرف منابع انرژی را همزمان با رعایت همه محدودیت‌های سلامتی، آسایش و ایمنی تاسیسات درمانی، کاهش می‌دهد. کارکردها و ملزومات ویژه مراکز درمانی فرصتهای منحصربفردی برای اجرای طرح‌های صرفه‌جویی انرژی فراهم می‌کند. البته اجرای این طرح‌ها در مراکز درمانی نباید روی اهداف یا کارکردهای درمانی (شامل تشخیص، درمان و بهبودی، کنترل عفونت و بسیاری اقدامات پشتیبانی) تاثیر منفی بگذارد یا آنها را به خطر بیندازد. همچنین باید به حفظ ایمنی و آسایش بیماران، کارکنان و ملاقات‌کنندگان توجه شود و شرایط زیست محیطی لازم برای کارکرد تجهیزات بیمارستانی تامین گردد.

در ادامه استراتژیهای مناسب برای مصرف بهینه انرژی در مراکز درمانی برای شرایط آب و هوایی مختلف شرح داده می‌شود.

۱۳-۶-۲ استفاده از سیستم حجم هوا متغیر

بسیاری از کدها و استانداردهای بین‌المللی، کاهش نرخ تعویض هوای کل و هوای بیرون (به جدول ٤-۱ مراجعه شود) را در دوره‌های غیرکاربری مجاز می‌شمارند. این کاهش می-تواند برای هر فضایی از تاسیسات درمانی که در وضعیت غیرکاربری است، بکار رود؛ مادامی که کنترل فشار مورنیاز برای فضا حفظ شود. بر همین اساس، در شرایط آب و هوایی سرد یا گرم و مرطوب، طراحی سیستم‌های هواساز به صورت حجم هوا متغیر می-تواند موجب کاهش قابل توجه مصرف انرژی شود. انجمنهای AIA و ASHRAE کاهش نرخ تعویض هوا تا ۲۵٪ دوره کاربری را مجاز می‌دانند؛ مادامی‌که کنترل فشار نسبی فضاها در همه زمانها تامین شود و نرخ تعویض هوای کامل بتواند هر زمانی که فضا مورد استفاده قرار گیرد، دوباره ایجاد شود.

به طور کلی در فضاهایی که:

۱- هیچ کنترل دائم برای جهت هوا لازم نباشد.

۲- ساعتهای بی‌کاری زیادی وجود دارد.

۳- مقدار هوای مورد نیاز برای سرمایش محسوس نسبت به کمینه هوای تعویضی قابل ملاحظه باشد.

با استفاده از سیستم‌های هوایی حجم‌متغیر می‌توان کاهش عمده‌ای در مصرف انرژی به دست آورد. بیشتر فضاهای موجود در مراکز درمانی شامل موارد زیر در این سه دسته-بندی قرار می‌گیرند:

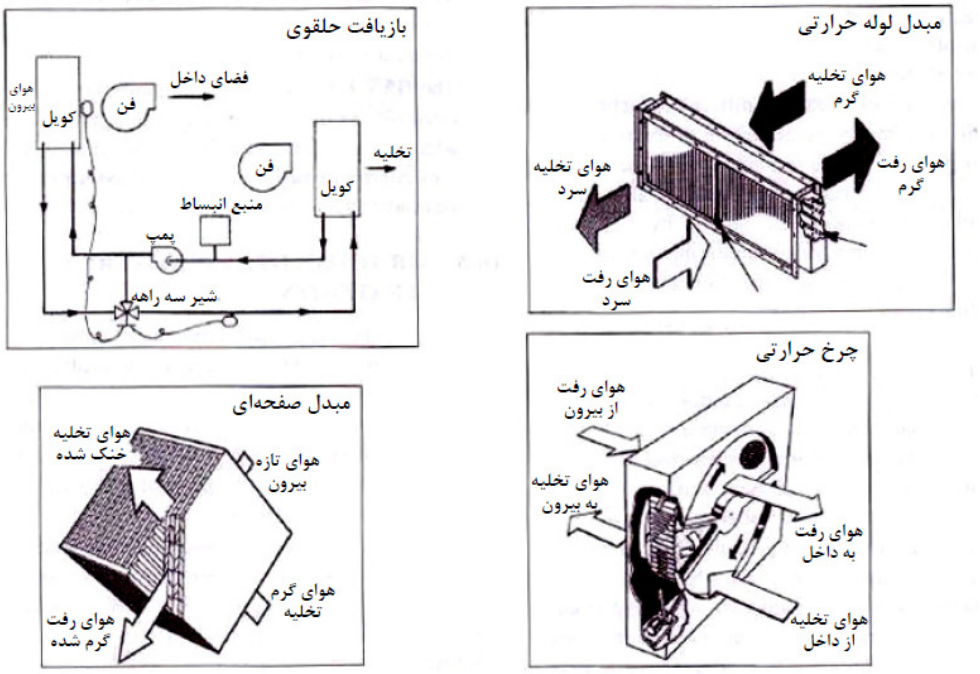
- اکثر اتاقهای جراحی و ریکاوری
- اتاقهای سزارین
- فضاهای رادیولوژی، اشعه ایکس، ماموگرام، پزشکی هسته‌ای، سی‌تی‌اسکن، فراصوت‌درمانی، MRI و PET
- فضاهای فیزیوتراپی
- فضاهای اداری
- فضاهای تهیه غذا
- رخت‌شویی‌ها
- فضای بیماران سرپایی
- سالن‌های انتظار
- انبار و دیگر فضاهای پشتیبانی
- اتاقهای معاینه و معالجه

یک سیستم هواساز حجم‌متغیر باید به کنترل‌های فرکانس‌متغیر برای فن‌های تامین هوا و هوای تعویضی/برگشتی مجهز باشد. طراحی همچنین باید شامل یک دمپر کنترل کمینه هوای بیرون مستقل باشد تا کمینه هوای بیرون را کنترل کند. در یک کاربرد بازیاب انرژی، سیستم کنترل باید به سنسورهای فشار استاتیک کانال هوای تغذیه و برگشتی و کنترل‌هایی برای تغییر سرعت فن هوای تغذیه و تعویضی/برگشتی مجهز باشد. کنترل فشار در فضاهای حیاتی می‌تواند با استفاده از پایانه‌های هوای برگشتی تامین شود.

۱۳-۶-۳ بازیافت حرارتی هوا به هوا

از آنجا که مقدار هوای تازه موردنیاز برای برآورده کردن الزامات استاندارد در مراکز درمانی قابل ملاحظه است، روش‌های بازیافت هوابه‌هوا ابزار کارامدی برای کاهش مصرف انرژی است. میزان صرفه‌جویی به درصد کمینه هوای تازه بکاررفته برای مرکز و موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی بستگی دارد.

چهار سیستم رایج بازیافت هوابه‌هوا وجود دارد: بازیافت حلقوی[۱]، مبدل حرارتی صفحه-ای، مبدل لوله‌حرارتی[۲] و مبدل دسیکنت دوار (چرخهای حرارتی). این سیستم‌ها در شکل ۱-۱۶ نشان داده شده‌اند.



شکل۱۳-۲ فناوریهای بازیافت حرارتی هوا به هوا

کارایی این سیستم‌ها، به اختلاف دمای بین جریان‌های هوا و انرژی نهان آنها، دبی هوا،

---

[۱] Runaround loop

[۲] Heat pipe heat exchanger

کارایی دستگاه و ساعتهای کارکرد بستگی دارد. با اجرای چنین سیستم‌هایی ممکن است به نگهداری بیشتری نیاز باشد و فن تعویض هوای جبرانی لازم شود.

سیستم بازیافت حلقوی

این سیستم شامل دو یا چند کویل با سطح زیاد است که در کانالهای هوا نصب شده و به وسیله سیستم لوله‌کشی در ارتباط هستند. سیال مبدل حرارتی، معمولا حاوی آب و اتیلن-گلیکول بوده که توسط پمپ به گردش در می‌آید و حرارت را از جریان هوای گرم گرفته و آن را به جریان هوای سرد منتقل می‌کند. یک سیستم بازیافت حلقوی می‌تواند در زمستان برای بازیابی حرارت از هوای گرم تخلیه (پیش‌گرمایش هوای سرد بیرون) و در تابستان برای خنک کردن هوای گرم بیرون با انتقال حرارت به هوای تخلیه بکار رود.

سیستم‌های بازیافت حلقوی معمولا کارایی انتقال حرارت بین ٦٠٪ و ٨٠٪ حرارت محسوس موجود را دارند. این سیستم معمولا تنها گزینه عملی بازیافت حرارت برای ساختمانهای موجود است، چرا که گزینه‌های دیگر به کانالهای هوای تازه و جبرانی/تخلیه نزدیک به یکدیگر نیاز دارد.

مبدل لوله حرارتی

مبدلهای لوله‌حرارتی شامل لوله‌های فین‌دار با سطح گسترده هستند که در کانالهای هوای نزدیک به هم قرار می‌گیرند. هر لوله حاوی مبرد مایعی است که در انتهای گرم تبخیر شده (با جذب گرما از جریان هوای گرم‌تر) و به عنوان یک گاز به انتهای سرد می‌رود؛ جایی که در آن گرما را به جریان هوای سرد می‌دهد و به مایع تبدیل می‌شود. سپس مایع متراکم برای کامل کردن سیکل به انتهای گرم لوله برمی‌گردد. در این سیستم‌ها نیاز است کانالهای تخلیه و تغذیه کنار هم نصب شوند. سیستم‌های لوله‌حرارتی نیز معمولا کارایی بین ٦٠٪ تا ٨٠٪ حرارت محسوس موجود را دارند.

مبدل حرارتی صفحه‌ای

در مبدلهای حرارتی هوابه‌هوا از نوع صفحه‌ای، حرارت از یک جریان هوا به جریان دیگری منتقل می‌شود. این کار از طریق صفحات مسطح فلزی انجام می‌شود. در این نوع مبدلها نیز نیاز است کانالهای تغذیه و تخلیه کنار هم نصب شوند و کارایی آنها بین ٦٠٪ و ٨٠٪ حرارت محسوس موجود است.

چرخهای حرارتی

چرخهای حرارتی دوار سیستم بازیافت حرارتی هوابه‌هواست که در آن می‌توان گرمای محسوس و همچنین بخار آب را بین جریان‌های هوا منتقل کرد. اگر این سیستم به درستی طراحی شود، می‌توان به کارایی بیش از ۸۰٪ در بازیافت حرارت کلی (محسوس و نهان) رسید. این سیستم‌ها مزیت اضافی رطوبت‌زدایی هوای گرم و مرطوب ورودی در ماه‌های سرد و رطوبت‌زنی هوای خشک ورودی در ماه‌های گرم را دارند. بازگشت سرمایه نصب این سیستم‌ها، مانند دیگر سیستم‌های بازیافت حرارت هوابه‌هوا، بستگی زیادی به شرایط آب و هوایی و ساعتهای کارکرد دارد.

لازم است سیستم‌های چرخ حرارتی به درستی طراحی و اجرا شوند تا احتمال هرگونه اختلاط آلودگی بین جریان‌های هوا کمینه شده و هوای ورودی هر دو سمت به طور مناسب تصفیه شود. نکته اساسی طراحی چرخ حرارتی در این است که هوای تازه توسط یک فن دمنده به سمت ورودی چرخ (فشار مثبت)، وارد و هوای تخلیه از ساختمان توسط یک فن تخلیه از سمت خروجی چرخ (فشار منفی)، خارج شود. بدین صورت، نشتی احتمالی در مبدل، همواره از سمت هوای تازه به سمت هوای تخلیه خواهد بود.

لازم به ذکر است که مطابق دستورالعمل AIA استفاده از چرخ حرارتی را برای اتاقهای ایزوله عفونی ممنوع است.

۱۳-۶-۴ سرمایش آزاد

تحلیل مصرف انرژی نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از هزینه‌های سالانه انرژی یک بیمارستان به سیستم‌های سرمایش مربوط است. روش‌های حفظ انرژی در مراحل طراحی، اجرا، کارکرد و کنترل می‌تواند به شدت مصرف سالانه انرژی این سیستم‌ها را کاهش دهد. یکی از راهکارهای مناسب استفاده از سرمایش آزاد[۱] است.

اکونومایزر سمت هوا

اکثر مراکز درمانی موجود، فضاهای زیادی (مانند اتاقهای بیمار، اتاقهای مراقبت‌های ویژه، اتاقهای کنفرانس، اداره‌ها و...) دارند که بیشتر سال نیاز به سرمایش دارند و بر همین

---

[۱] Free cooling

اساس درصدی از ظرفیت چیلر در تمام طول سال در حال کار است. استفاده از اکونومایزر در هواسازها برای این فضاها در مناطق با شرایط آب و هوایی سرد موجب صرفه‌جویی قابل توجه در مصرف انرژی به ویژه در فصلهای سرد سال خواهد شد. اکونومایزرهای هوایی با استفاده از هوای سرد خارج به عنوان وسیله‌ای برای خنک کردن فضای داخلی، در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌کنند. زمانی که دمای هوای بیرون کمتر از دمای هوای برگشتی است، وارد کردن هوای بیرون، بهینه‌تر از استفاده از هوای برگشتی است. بر این اساس زمانی که هوای بیرون به اندازه کافی، خنک و خشک باشد، از این هوا به جای هوای برگشتی استفاده می‌شود. سیستم کنترلی هواساز بر اساس شرایط هوای برگشتی و هوای بیرون، دمپرها را برای استفاده از هوای بهینه تنظیم می‌کند.

اکونومایزر سمت آب

در بسیاری از مراکز درمانی، از سیستم‌های فن‌کویل دو یا چهار لوله یا سیستم‌های هواساز بدون اکونومایزر هوا استفاده می‌شود. سرمایش آزاد برای این فضاها در اکثر مناطق با شرایط آب و هوایی با دمای مرطوب پایین در ماه‌های زمستان با استفاده از آب برج خنک‌کن به سهولت صورت می‌گیرد. گرمای مدار آب سرد اصلی توسط یک مبدل آب به آب به برج خنک‌کن انتقال داده می‌شود. این سیستم می‌تواند براساس دمای مرطوب بیرون و دمای تغذیه آب کندانسور کنترل شود تا در مواقع مناسب از مبدل حرارتی استفاده شده و مواقعی که دمای مرطوب و دمای تغذیه آب کندانسور بسیار بالاست، از چیلر استفاده شود.

پیوست الف: محاسبه بار ساختمان و گرمای تولیدی تجهیزات

الف-۱ مقدمه

هدف اصلی در این پیوست در واقع مشخص کردن جنبه‌های ویژه در محاسبه بارهای گرمایی و سرمایی مراکز درمانی است. در این پیوست به دوباره‌نویسی استانداردهای ASHRAE و مبانی محاسبات تهویه‌مطبوع یا سایر استانداردهای DOE و نرم‌افزارهای تجاری-محاسباتی اشاره نمی‌شود.

الف-۲ دمای طرح خارج و داخل

شرایط طرح خارج با توجه به محل قرارگیری ساختمان تعیین می‌شود. این شرایط با توجه به داده‌های آب و هوایی و استانداردهای موجود تعیین می‌شود. برای محاسبه بارهای گرمایی و سرمایی داشتن شرایط طرح تابستان و زمستان کفایت می‌کند، گرچه، برای انتخاب سیستم مناسب بر اساس بازگشت سرمایه اولیه و هزینه‌های عمر مفید آن، باید شرایط طرح خارج در کل ایام سال در دسترس باشد. محاسبات بار گرمایی و سرمایی ساختمان را می‌توان با استفاده از نرم‌افزارهای مناسب تحلیل انرژی، انجام داد.

شرایط طرح داخل، به شرایطی گفته می‌شود که فضای مورد نظر باید تحت آن شرایط واقع شود. این شرایط مانند ضوابط طراحی است و در ابتدای طراحی باید به درستی تعیین شود. تغییرات شرایط طرح داخل با زمان نیز باید مطابق برنامه عملکردی فضاهای مختلف تعیین شود. در فصول ٤ و ١٠ به ضوابط عمومی طراحی و ضوابط داخلی ویژه در فضاهای مختلف اشاره شده است.

الف-۳ بارهای طراحی

الف-۳-۱ بار روشنایی

برای راحت‌تر انجام شدن فعالیت‌های پزشکی در فضاهای درمانی نیاز به روشنایی زیاد است. قسمتی از بار روشنایی مربوط به تجهیزات روشنایی است که برخلاف روشنایی‌های عمومی برای زمان کوتاهی استفاده می‌شوند. در بیشتر مواقع زمان‌بندی این مصارف قابل پیش‌بینی نیست. به همین دلیل باید موارد بیشینه را برای اعمال قابلیت اطمینان در محاسبات لحاظ نمود.

الف-۳-۲ بار کاربران

توجه به بار نهان و محسوس افراد در فعالیت‌های مختلف و خاص مراکز درمانی ضروری است. در برخی موارد شلوغی بیش از حد که ممکن است در یک دوره نامشخص حاصل شود می‌تواند موجب خطای طراح شود. این خطاها ممکن است در اتاق‌های عمل و بخش اورژانس رخ دهد. به همین دلیل باید طراحی‌ها بر مبنای پیک بار انجام شود و سیستم به‌گونه‌ای باشد که در بارهای پایین (جزئی) بدون اتلاف انرژی عمل کند.

الف-۳-۳ بار تجهیزات پزشکی

گرمای تولیدی ناشی از تجهیزات نصب شده در مراکز پزشکی، بخش عمده‌ای از بار داخل را تشکیل می‌دهد. این بارها باید بر اساس اطلاعات شرکت سازنده مستند شوند. در جدول الف-۱ بار تعدادی از تجهیزات مرسوم در مراکز درمانی آورده شده است.

الف-۳-۴ بار تعویض هوا

بخش قابل توجهی از بارهای سرمایی و گرمایی مربوط به مقدار هوای تازه لازم فضا می‌باشد. در بسیاری از فضاهای مراکز درمانی باید مقررات ویژه‌ای برای نرخ هوای خروجی از فضا و نسبت فشار بین اتاق‌ها لحاظ شود. این مقادیر با توجه به ضوابط طراحی و کاربری فضا تعیین می‌شود. در این خصوص داده‌های لازم در فصول ٤ و ١٠ آمده است.

جدول الف-۱ بار چند نمونه از تجهیزات پزشکی

نوع دستگاه	بار پیک (وات)	بار متوسط (وات)
سیستم بیهوشی	۱۷۷	۱٦٦
گرم‌کننده خون	۲۰٤	۱۱٤
فشارسنج خون	۳۳	۲۹
گرم‌کننده پتو	۵۰٤	۲۲۱
اندوسکوپ	٦۰۵	۵۹٦
جراحی الکتریکی	۱٤۷	۱۰۹
ECG/RESP	۵٤	۵۰
چاقوهای جراحی	٦۰	۵۹
پمپ‌های هیستروسکوپ	۳۵	۳٤
لیزرسونیک	۲۵٦	۲۲۹
میکروسکوپ‌های نوری	٦۵	٦۳
اکسیژن شمار پالسی	۲۱	۲۰
استرس ترومیل	۱۹۸	۱۷۳
اشعه X (C-Arm قابل حمل)	۵۳٤	٤۸۰
اشعه X (GX-PAN)	--	۸۲
اشعه X (قابل حمل)	--	۱۸
خلاساز (قابل حمل)	۳۳۷	۳۰۲
سیستم التراسوند	۱۰٦۳	۱۰۵۰
فیلم ویورما ٤ لبه دار	٦۰۰-۳۰۰	
افشانک آنژیوگرافی	۱۵۰۰-۵۰۰	
ثبت‌کننده لیزر	۳۵۰۰-۲٤۰۰	
فیلم ویور، موتوری	۲۰۰۰-۱۵۰۰	
ثبت‌کننده PBI-Plane آنژیوگرافی	۱۰۵۰۰-۷۰۰۰	
کامپیوتر Catlab	۱۲۰۰-٦۰۰	

الف-۴ تنوع و زمان‌بندی

بسیاری از اتاق‌ها در مراکز درمانی مجهز به چندین نوع از تجهیزاتی هستند که تولید گرما می‌کنند. به همین دلیل میزان بار داخلی وابسته به زمان است. تغییرات بار روشنایی و تجهیزات گرمازای استفاده شده در فضاها، به میزان قابل توجهی بر بار ساختمان اثر دارد. تعیین و اعمال برنامه زمان‌بندی مصرف در محاسبه بار، کار مشکلی است که البته دقت چندانی هم ندارد. برای اعمال بار در چنین فضاهایی دو روش وجود دارد:

- روش عامل تنوع

  این عامل بر اساس نرخ متوسط استفاده از تجهیزات گرمازا و کل حرارت تولیدی آن، تعریف می‌شود. این عامل بر اساس آزمایش یا داده‌های ارائه شده، تعیین می‌شود که تعیین کننده بیشترین گرمای آزادشده توسط تجهیزات است.

- روش زمان‌بندی بهره‌برداری

  برای هر یک از دستگاه‌ها، فهرست زمان کار در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب بار ساعتی یادداشت شده تا به کمک آن بتوان حداکثر بار فضا را در طور روز تعیین کرد.

الف-۵ جریان هوا

مقدار هوای لازم برای تامین بار محسوس فضا از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CFM = \frac{Q_{Max}}{1.1 + DT} \qquad \left[L/s = \frac{Q_{Max}}{1.2 \times DT} \right] \qquad \text{(الف-۱)}$$

در این رابطه:

Q : بار مخصوص بر حسب وات است.

DT: اختلاف دمای اتاق و جریان هوا بر حسب درجه سلسیوس است.

در کاربری‌های معمول، دمای جریان هوا در ابتدا معلوم است و بار محاسباتی مقدار هوای ورودی به ساختمان را مشخص می‌کند. توجه شود که رعایت حداقل هوای ورودی به اتاق، حداقل میزان نرخ تعویض هوا و اختلاف فشار بین فضا و محیط بیرون باید رعایت شود. به همین دلیل در برخی موارد مقدار هوای لازم به منظور تامین شرایط فوق، ممکن است بیشتر از مقدار محاسباتی بر اساس بار باشد که این امر موجب استفاده از سیستم‌های حجم ثابت به جای حجم متغیر می‌شود.

الف-۶ بالانس هوا

با توجه به موارد مطرح شده در این پیوست، مشخص است که بالانس هوا نقش مهمی در تعیین بارهای گرمایشی و سرمایشی فضا دارد. محاسبات بار گرمایشی و سرمایشی ساختمان پس از تعیین مقادیر هوای لازم و بالانس هوا ممکن است.

الف-۷ تعیین ظرفیت تجهیزات گرمایش، تعویض هوا و تهویه‌مطبوع

برخی از پارامترها در زمان محاسبات بارهای گرمایی و سرمایی نظیر داده‌های دقیق آب و هوایی، ضرایب انتقال حرارت سطوح و ... نامعلوم هستند. به همین دلیل خواص مواد اجراشده با مقادیر طراحی، متفاوت هستند. از طرف دیگر کیفیت ساخت و سازها نیز به یک صورت نیست و نوع بهره‌برداری آن‌ها نیز متفاوت است. در برخی مواقع نیز نحوه کاربری و برنامه زمانی استفاده از تجهیزات متفاوت است. مسلما اعمال تمامی این موارد در محاسبات بارهای گرمایشی، تعویض هوا و تهویه‌مطبوع غیرممکن است. برای اعمال این موارد، ضریب اطمینان ۱۰ درصد در محاسبات مهندسی بارها، بسیار مناسب است.

به منظور تخمین بارهای نامشخص اضافی یا موقتی (به طور مثال در زمان راه‌اندازی) دو روش وجود دارد:

- محاسباتی که میزان بار و زمان لازم برای اجرای آن را به طور دقیق مشخص کند.
- محاسباتی که با در نظر گرفتن درصدی ضریب اطمینان انجام شود. به عنوان مثال در استاندارد انرژی کالیفرنیا این درصد در محاسبات بار گرمایشی، ۳۰ و برای بار سرمایشی، ۱۰ است.

ظرفیت تجهیزات با توجه به کاربری آن‌ها در فضای مورد استفاده مطابق اصول ذکر شده در فصل ٤ و لحاظ نمودن ضریب اطمینان تعیین می‌شود.

پیوست ب: موارد مربوط به کیفیت برق

ب-۱ برق اضطراری

ب-۱-۱ کلیات

بیمارستان‌ها مراکز حیاتی هستند که در هنگام قطع برق نیز باید به کارشان ادامه دهند. شبکه الکتریکی اصلی بیمارستان باید تا حد امکان قابل اطمینان باشد. به خاطر هزینه بالای تولید برق اضطراری، فقط باید قسمت‌های خاص سیستم‌های تهویه مطبوع را با سیستم تامین برق اضطراری تغذیه کرد. توزیع قابل اطمینان بخشی ضروری از سیستم تامین برق اضطراری است. به منظور اطمینان از نصب ایمن و صحیح سیستم تامین برق اضطراری، مقررات الکتریکی NFPA 70 لازم می‌داند که تمامی قسمت‌های سیستم تامین برق اضطراری به طور واضح برچسب‌گذاری شده و کاملا جدا از تمامی سیم‌کشی‌های دیگر، سیم‌کشی شوند. این کار به منظور جلوگیری از خرابی هم‌زمان هر دو سیستم برق اضطراری و عادی در هنگام آتش‌سوزی یا سایر مواقع اضطراری است. در ادامه، راهنماییهایی ارائه می‌شود که نشان می‌دهند کدام سیستم‌ها و فضاها باید از منبع اضطراری تغذیه شوند.

ب-۱-۲ سیستم‌های گرمایی و تعویض هوای بیمارستان با برق اضطراری

طبق مقررات ملی و بین‌المللی، بارهای گرمایش، تعویض هوا و تهویه مطبوع که در ادامه آمده‌اند باید از طریق برق اضطراری تغذیه شوند.

جدول ب-۱ برق اضطراری برای سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع بیمارستان

فضا	تعویض هوای اضطراری لازم است	تهویه مطبوع اضطراری لازم است	گرمایش اضطراری لازم است
قسمت جراحی شامل اتاق‌های عمل، اتاق‌های ریکاوری و غیره	√	√	√
اتاق‌های زایمان	√	√	√
واحد مراقبت‌های ویژه	√	√	√
اتاق‌های نوزادان	√	√	√
فضاهای تهیه غذا	√		
اتاق‌های عمومی بیماران	√	√**	√*
اتاق‌های عفونی/ایزوله	√	√	√
فضاهای استریل سازی			
اتاق‌های تروما و اورژانس			√
هودهای تخلیه بخارات آزمایشگاهی	√		
مراکز فشار بالا	√		
مراکز فشار پایین	√		
پزشکی هسته‌ای (فضاهایی که در آن مواد رادیو اکتیو استفاده می‌شود.)	√		
تخلیه اکسید اتیلن و گازهای بیهوشی	√		
فضاهای مراقبت بیماریهای کرونری	√	√	√

نکات:

*در شرایطی که دمای طرح محیط بیرون بیش از ۶/۷ °C- باشد، گرمایش اضطراری در اتاق عمومی بیماران لازم نیست.

**در شرایطی که دمای خشک طرح محیط بیرون کمتر از ۴۰ °C و دمای تر طرح محیط بیرون کمتر از ۲۶ °C باشد، تهویه مطبوع اضطراری در اتاق عمومی بیماران لازم نیست.

ب-۱-۳ سایر تجهیزات نیازمند به برق اضطراری

علاوه بر موارد فوق، تجهیزات وسیستمهای زیر نیز باید برای استفاده از برق اضطراری در نظر گرفته شوند:

- تاسیسات موتورخانه شامل بویلرها، پمپ‌های تغذیه بویلر، پمپ‌های انتقال کندانس، پمپ‌های سوخت مایع، تنظیم کننده هوای احتراق، پمپ‌های گردش آب داغ، تابلوهای کنترل موتورخانه و سیستم هوای فشرده.
- فضاهای حیاتی، مثل سوئیت‌های جراحی باید در هنگام خاموشی‌های طولانی به سرمایش مکانیکی دسترسی داشته باشند. این موضوع به خصوص در نواحی از کشور که آب و هوای گرم و مرطوب دارند، صادق است. سیستم‌هایی که برای این فضاها به کار می‌روند باید به یک چیلر پشتیبان که با برق اضطراری تغذیه می‌شود و از سیستم آب چیلرهای اصلی جداست مجهز باشند، تا بتوان در هنگام خاموشی‌های طولانی از آن استفاده کرد. طراحان و مهندسان باید ریسک استفاده تجهیزات سرمایشی از سیستم برق اضطراری را بررسی کنند. بسیاری از مراکز، در حال حاضر حتی الزامات اصلی مقررات را هم برآورده نمی‌کنند. تدارکات لازم برای سرمایش با برق اضطراری باید شامل سیستم‌های پمپاژ آب چیلر، برج‌های خنک کننده، سیستم‌های کنترلی و غیره باشد. به منظور تامین برق اضطراری مطمئن برای تامین بخشی از آب سرد چیلرهای اصلی، باید هزینه‌های زیادی صرف شود. از جمله این هزینه ها می‌توان به ژنراتورهای بیشتر، سیستم توزیع و سوییچ‌های انتقال اشاره کرد. استفاده از دستگاه‌های چندگانه‌سوز (گازسوز، جذبی بخار، الکتریکی) راه حلی است که می‌توان ظرفیت ژنراتورها و به تبع آن هزینه ها را کاهش داد.
- آب گرم مورد استفاده در فضای نگهداری از بیماران.
- بوستر پمپ‌های آب مصرفی.
- در مواردی که حجم آب داخل لوله‌ها می‌تواند مثل یک سیستم ذخیره عمل کند، پمپ‌های آب سرد باید به برق اضطراری وصل شوند و بدینوسیله برای مدتی در سرمایش مکانیکی کمک کننده باشد. در بسیاری از موارد چیلرها و تجهیزات جانبی آنها به صورت دستی با برق اضطراری تغذیه می‌شوند تا بر اساس توان اضافی ژنراتورها، چیلرها، برج‌ها، پمپ‌ها و غیره بتوانند به نوبت تغذیه شده و کار کنند.
- سیستم‌های دیگری که کارکرد آن‌ها برای عملکرد ایمن ساختمان و تاسیسات آن در یک دوره طولانی خاموشی ضروری است.

ب-۲ محرک‌های فرکانس متغیر

ب-۲-۱ انتخاب محرک‌های فرکانس متغیر برای مراکز درمانی

محرک فرکانس متغیر[۱] (VFD) سیستمی است که با تغییر فرکانس، سرعت و گشتاور یک موتور الکتریکی را کنترل می‌کند. استفاده فراوان از محرک‌های فرکانس متغیر می‌تواند منجر به ایجاد مشکلات کیفی برق شود که با کارکرد دستگاه‌های حساس الکتریکی که در مراکز درمانی استفاده می‌شوند تناقض دارد. به طور کلی مشکلات کیفی برق از اعوجاج هارمونیکی که VFDهای نیمه‌هادی (غیر خطی) به سیستم قدرت تزریق می‌کنند ناشی می‌شود.

جریان‌ها و ولتاژهای هارمونیک توسط دستگاه‌های الکتریکی نیمه‌هادی (غیرخطی) مثل یکسوسازها ، اکثر لامپ‌ها، منابع تغذیه کامپیوترها، شارژرهای باتری و VFDها ایجاد می‌شود. هارمونیک‌ها به این صورت تعریف می‌شوند: «ولتاژها یا جریان‌های سینوسی با فرکانس‌هایی که مضرب صحیحی از فرکانس‌هایی هستند که سیستم تغذیه برای کار براساس آن طراحی شده است». اکثر شبکه‌های قدرت برای کار با فرکانس ۶۰ هرتز طراحی شده‌اند، که به نام فرکانس اصلی شناخته می‌شود. از آنجایی که هارمونیک‌ها متناوب هستند، در فاصله بین فرکانس‌های اصلی اختلال ایجاد می‌کنند به این ترتیب که هارمونیک‌ها شکسته شده و به صورت موجی شکل و مضربی از فرکانس اصلی مشاهده می‌شوند.

اعوجاج هارمونیک در صنعت در ۴۰ سال اخیر مورد توجه قرار گرفته است. قبل از ازدیاد اخیر یکسوسازها، عموما از دستگاه‌های غیرخطی در مدار الکتریکی ساختمان کم استفاده می‌شد و تاثیرشان هم ناچیز بود و معمولا از آن‌ها صرف نظر می‌شد. با افزایش روز افزون دستگاه‌های الکترونیکی حساس و افزایش استفاده از دستگاه‌های غیرخطی، بیشتر از این نمی‌توان از تاثیر اعوجاج هارمونیک غافل شد.

جریان‌های غیرخطی که به سیستم توزیع برق جریان پیدا می‌کنند، باعث ایجاد اعوجاج ولتاژ می‌شوند. وقتی به یک دستگاه که برای کار با ولتاژ سینوسی طراحی شده است ولتاژ معوج داده می‌شود، معمولا باعث داغ کردن دستگاه یا بد کار کردن آن می‌گردد. به علاوه ماهیت غیرمتوازن جریان‌های هارمونیک، باعث افزایش جریان‌های خنثی شده که می‌تواند منجر به داغ کردن شدید سیم پیچ موتورها و ترانسفورماتورها گردد.

---

[۱] Variablr Frequency Drive

ب-۲-۲ ملاحظات استفاده از VFDها

محرک‌های فرکانس متغیر (VFD)، جریان‌های هارمونیک را وارد شبکه قدرت می‌کنند. جریان هارمونیک در ترکیب با مشخصه پاسخ فرکانسی امپدانس سیستم، می‌تواند باعث اعوجاج ولتاژ هارمونیک شود. ولتاژها و جریان‌های هارمونیک می‌توانند باعث کارکرد نادرست رله‌ها و کنترل‌ها، خرابی خازن‌ها، داغ کردن موتورها و ترانسفورماتورها و افزایش افت شبکه قدرت شوند. این موارد می‌توانند با خازن‌های تصحیح ضریب توان، ترکیب شده (به ویژه در سیستم‌های ولتاژ پایین) و شرایط تشدید(رزونانس) را به وجود آورند که مقدار اعوجاج هارمونیک را بالا می‌برد.

باید در مشخصات پروژه به موارد مربوط به مقدار اعوجاج هارمونیک اشاره شود و با ارائه راهکار مناسب، از بسیاری از مشکلات هارمونیک ایجاد شده جلوگیری کرد. مسائلی که باید در مشخصات پروژه ذکر شود به شرح زیر هستند:

- اعوجاج هارمونیک در سمت منبع (تغذیه) و سمت موتور یک محرک.
- کاهش توان دستگاه، ناشی از اعوجاج هارمونیک ایجاد شده توسط VFDها.
- نویز قابل شنیدن ایجاد شده توسط قطعات فرکانس بالا (چند کیلو هرتز).
- طراحی فیلترهای هارمونیک و مشخصات آن‌ها.
- اعوجاج هارمونیکی که برای ژنراتورهای اضطراری مخرب است. تحلیل هارمونیک سیستم باید شامل تحلیل تاثیرات منفی هارمونیک‌ها بر سیستم برق اضطراری هم باشد.

پیوست پ: انتخاب شرایط محیط بیرون در طراحی سیستمهای حرارتی و تهویه مطبوع

محاسبه بار حرارتی یا برودتی بر پایه شرایط بیشینه یا متوسط به طور صحیح انجام نمی‌شود. محاسبه بر اساس شرایط بیشینه مقرون به صرفه نیست زیرا تجهیزات گزینش شده در اغلب ساعات شبانه روز تحت باری بسیار کمتر از بار نامی خود کار می‌کنند و عملا" بخشی از ضریب اطمینان در نظر گرفته شده فقط در محدوده زمانی کوچکی از سال بکار می‌روند. انتخاب شرایط محیط بیرون بر اساس محدوده شرایط متوسط نیز راه حل مناسبی نیست زیرا در اغلب ساعات از شبانه روز تجهیزات انتخاب شده جوابگوی بار حرارتی برودتی ساختمان نمی‌باشند.

به همین دلیل برای رسیدن به انتخاب بهینه، تحقیقات متعددی در اروپا و به ویژه ایالات متحده انجام گردیده است که نهایتا منجر به پیشنهاد طراحی شرایط محیط بیرون بر اساس استاندارد ASHRAE در مناطق مختلف جغرافیای شده است.

بر همین اساس، در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی نیز تحقیق مشابهی انجام شد و در سال ۱۳۸٦ شرایط استاندارد برای شهرهای ایران با جمعیت بیشتر از ۵۰۰۰۰ نفر محاسبه و منتشر شد. هدف اصلی در این تحقیق، فراهم نمودن امکان تعیین شرایط محیط بیرون با توجه به نوع کاربری ساختمان اعم از تجاری، خدماتی، مسکونی و ... در طراحی و انتخاب سیستم‌های تهویه مطبوع طبق استاندارد ASHRAE بوده است. مطابق این استاندارد، دسته‌بندی دماهای خشک و مرطوب و سمت و سرعت باد برمبنای ۱٪، ۲/۵٪ و

۵٪ در تابستان و ۹۹٪، ۹۷/۵٪ ، ۹۵٪ در زمستان انجام می‌شود. به عنوان مثال، شرایط ۱٪ در تابستان پوشش‌دهنده ۹۹ درصد شرایط حاکم در فصل گرما بئده و شرایط ۹۵٪ در زمستان پوشش دهنده ۹۵ درصد شرایط حاکم در فص سرما است.

شرایط ۱٪ و ۹۹٪ برای طراحی ساختمانهای حساس مانند بیمارستانها مناسب است. شرایط ۲/۵٪ و ۹۷/۵٪ برای ساختمانهای با حساسیت متوسط مانند ساختمانهای مسکونی کابرد دارد و شرایط ۵٪ و ۹۵٪ برای ساختمانهای با حساسیت پایین مانند ساختمانهای صنعتی به کار می‌روند.

بر این اساس در جدول پ-۱، شرایط محیط بیرون در زمستان بر حسب واحد متریک، در جدول پ-۲، شرایط محیط بیرون در تابستان بر حسب واحد متریک، در جدول پ-۳، شرایط محیط بیرون در زمستان بر حسب واحد انگلیسی و در جدول پ-٤، شرایط محیط بیرون در تابستان بر حسب واحد انگلیسی آورده شده است.

در این جداول نام شهرها، ارتفاع از سطح دریا و شرایط طرح زمستانی و تابستانی ذکر گردیده است. زاویه ذکر شده در این جداول برحسب درجه از جهت شمال و در جهت ساعتگرد می‌باشد. سرعت باد نیز بر اساس موارد زیر دسته‌بندی شده است:

- اگر ۸۰٪ یا بیشتر مقادیر سرعت، زیر ۱۱ mph باشند با علامت (I) مشخص می‌گردد.
- اگر ۵۰٪ تا ۷۹٪ مقادیر سرعت، زیر ۱۱ mph باشند با علامت (II) مشخص می‌گردد.
- اگر ٤۹٪ یا کمتر مقادیر سرعت، زیر ۱۱ mph باشند با علامت (III) مشخص می‌گردد.

همچنین با داشتن اطلاعات دماهای خشک و مرطوب به صورت متوسط روزانه برای روزهای مختلف شرایط تابستانی و زمستانی می‌توان مقادیر بیشترین و کمترین آنها را در طول دوره آماری محاسبه نمود. تفاضل بیشترین و کمترین این دماها بصورت یک پارامتر (Max-Min) در جداول آورده شده است. هرچه این مقدار بیشتر باشد، به معنای نوسانات دمایی با دامنه بالاست که این امر خود موید اهمیت استانداردسازی شرایط محیط بیرون است.

جدول پ-۱ شرایط زمستانی استاندارد شده محیط بیرون (واحد متریک)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط زمستانی (درجه سلسیوس)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
آبادان	٦/٦	۲/۱	۳	۳/۸	۱۲/۷	۱۲/۲	۱۵۰/۳ (II)
آباده	۲۰۳۰	-۹/۱	-۷/٦	-٦/٤	۱٤/۷	۱۱/۹	۹۱/۵ (II)
آبعلی	۲٤۵۰	-۱۳/۵	-۱۲/٦	-۱۱/۷	۱۵/۹	۱۳/۷	۱۷۰/٦ (III)
آستارا	۲/۵	-۲	-۱/۳	-۰/۷	۱۵	۱۱/۹	۲۵۰/۲ (III)
آغاجاری	۲۷	۰/۷	۱	۱/۳	۱۲/۳	۱۰	٦۵/۲ (III)
احمدآباد درودزن	۱۸۰	-٤	-۳/۱	-۲/٤	۱۳/٤	۱۱	۲۷۸/٤ (III)
اراک	۱۷۰۸	-۱٤/۱	-۱۲/۵	-۱۰/۹	۱۹/۹	۱٦/۱	۵٤/٦ (II)
اردبیل	۱۳۵۰	-۱٦/۸	-۱۵/۲	-۱۳/۵	۲۱	۱۸/٦	---
اردستان	۱۳۸/۱	-٤/۹	-٤/۱	-۳/۲	۱٦/۱	۱۱/٦	۱۹۳/۵ (III)
ارومیه	۱۳۱۳	-۱۱/۹	-۱۰/۹	-۹/۹	۱۵/۸	۱۳/٦	٦۷/۹ (II)
اسلام آبادغرب	۱۳٤٦	-۱۲/۷	-۱۰/۹	-۹/۲	۱٦/۱	۱٤/۵	۵۲/۵ (II)
اصفهان	۱۵۵۰	-٦/۸	-۵/۷	-٤/۷	۱٤/۹	۱۱/۵	۱۰٤/۳ (II)
اصفهان (شرق)	۱۵٤۳	-۹/۹	-۸/۸	-۷/۷	۱٤/۵	۱۲/۳	۱۲۱/۳ (II)
انار	۱٤۰۸/۸	-۷/۹	-٦/۲	-٤/۹	۱۷/۵	۱۳/٦	۸٤/۲ (II)
اهر	۱۱۵	-۱۳/٦	-۱۲/۱	-۱۰/۵	۲۰/٦	۱۷/٦	---

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط زمستانی (درجه سلسیوس)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
اهواز	۲۲/۵	۱/۱	۱/٤	۱/۷	۱۱/۹	۱۰/۸	۱٤۲/۱ (II)
ایلام	۱۳۱/۹	-٤/۹	-۳/۷	-۲/۷	۱٤/٦	۱۲/۱	۳۰ (III)
بابل	-۱۰	-۱۰	-۸/۳	-٦/۹	۱۳/٤	۱۲/۱	۷۳/۲ (II)
بابلسر	-۲۱	-۰/٤	۰/۱	۰/۷	۱۰/٦	۱۰	۸۲ (I)
بافت	۲۲۸۰	-٦/٦	-٥/٤	-٤/۲	۱۲/۳	۱۰/٥	۸۸/۷ (III)
بافق	۹۷۲	-٤/۳	-۲/۸	-۱/٥	۱۸/۲	۱۲/٦	۳۹/٦ (II)
بجنورد	۱۰۹۱	-۱۱/۸	-۱۰/۲	-۸/٦	۱۷/۸	۱٤	(III) ٥٥/۸
بروجرد	۱٦۳۲/٤	-۹/٤	-۸/۲	-٦/۸	۱٥/۹	۱۲/۸	۱۰۰/٤ (III)
بروجن	۲۱۹۷	-۱٥/۷	-۱۳/۳	-۱۱/٤	۱٥/۸	۱۲/۹	٦۱/۷ (II)
بستان	۷/۸	۰/٥	۱	۱/٥	۱۱/۲	۱۰/۷	۱۱٤ (II)
بشرویه	۸۸٥	-٥/۸	-٤/٥	-۳/۳	۱۲/٥	۱۰	۲۷/۷ (II)
بم	۱۰٦٦/۹	-۱/۱	-۰/۲	۰/۷	۱٦/۷	۱۲/۱	۱٥۳ (II)
بندر انزلی	-۲٦/۲	۰/۱	۰/۷	۱/۳	۱٤/۱	۱۰/۷	۱۷۱/۹ (II)
بندر عباس	۱۰	٦/۹	۸	۹/۱	۱۰/۱	۱۲/٥	۱۰٤/٦ (II)
بندر لنگه	۱٤/۲	۰	۰	۰	۹/۳	۹/٥	۹۷/۷ (II)
بندر ماهشهر	٦/۲	۱/۹	۲/٥	۳/۲	۱۱/۳	۱۱/۱	۱٤۱/٤ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط زمستانی (درجه سلسیوس)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
بوشهر	۱۹/٦	۵/۵	٦/٤	۷/۲	۱۱/۱	۱۰/٤	۱۷۵/۳ (II)
بهبهان	۳۰	۱/۲	۱/۹	۲/۷	۱۲/۵	۱۰/۱	۲٤۱/۸ (III)
بیجار	۱۹٤	-۱۷/٤	-۱۵/۹	-۱٤/٤	۲۰/۹	۱۷/۹	۱۳٤/٤ (III)
بیرجند	۱٤۹۱	-۹	-۷/٦	-٦/۳	۱۷	۱۳/٦	۸۸/۲ (II)
بیارجمند شاهرود	۱۱۰	-۸/۵	-۷/۵	-٦/۳	۱٦	۱۳/۸	۱٦۲/۹ (III)
پارس آباد مغان	٤/٤	-۵/٦	-٤/٦	-۳/۷	۱۵/۷	۱۲/۹	---
پیام	۱۲٦۰/۵	-٦/۷	-۵/۷	-٤/۷	۱۱	۹/۳	۸۸/۳ (III)
پیرانشهر	۱۳۵	-۱۵/۱	-۱۳/۹	-۱۲/۵	۲۰/۵	۱۷/۹	---
تبریز	۱۳٦۱	-۱۲/۱	-۱۱/۱	-۱۰	۱۷	۱٤/۸	۹۵/۲ (II)
تهران مرکز	۱۱۹۰	-۳	-۲/۲	-۱/۵	۱۲/٤	۱۰/۲	۸۹ (II)
تهران مهرآباد	۱۱۹۰	-۵/۱	-٤/۲	-۳/۳	۱٤/۹	۱۱/٦	۱۳٤/۱ (II)
تهران چیتگر	۱۲۱۵	-۵/۹	-٤/۷	-۳/٦	۱٤/۷	۱۲/۹	۲٦۲/۳ (III)
تهران ژئو فیزیک	۱۳٦۰	-٦/۱	-۵/٤	-٤/۷	۱۳/۹	۱۱	---
تهران دوشان تپه	۱۲۰۹/۲	-٤/۱	-۳/۲	-۲/٤	۱۳	۱۰/۷	٤٦ (II)
تکاب	۱۷٦۵	-۱۸/۷	-۱۷/۱	-۱۵/۵	۱۷/٤	۱۵/۸	٤۳/۷ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط زمستانی (درجه سلسیوس)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
جاسک	٤/٨	۲	۲/۲	۲/٤	۷/۵	۹/٤	۱۱۳/۲ (II)
جزیره کیش	۳	۹/۹	۱۰/۸	۱۱/٤	۹/۷	۱۰/٤	۱۳۷/۵ (III)
جزیره سیری	٤/٤	۰	۰	۰	٦/۲	۷/٦	۹۲/۵ (III)
جزیره ابوموسی	٦/٦	٦/۲	۷	۷/۵	۹/۳	۹/۸	۱۱۹/۲ (III)
جلفا	۷۰/٤	-۷/۷	-۷	-٦/۱	۱٦/۱	۱٤	٦٦/۱ (III)
چابهار	۸	۹/۳	۱۰/۳	۱۱/۱	۷/۸	۱۰/۸	۱۲۲/۳ (II)
خاش	۱٤۳	-۳/۸	-۲/۹	-۲	۱۵/۷	۱۳/۱	۲۲۵/۵ (III)
خرم آباد	۱۱۲۵	-۵/۹	-٤/۸	-۳/۸	۱۲/۹	۱۱/۱	۷٦/٤ (II)
خرمدره	۱۵۷۵	-۱۲/٤	-۱۰/۸	-۹/٦	۱۵/۸	۱۳/۱	۱٤۲/٤ (II)
خلخال	۱۷۹٦	-۲۱	-۱۸/۹	-۱٦/۸	۱۷/٦	۱۵/۸	۵٦/۷ (II)
خوربیابانک	۸۵	-٤/۷	-۳/۰	-۱/۸	۱۳/٦	۱۰/۲	۷٦/۵ (III)
خوی	۱۱۰۳	-۱۵/٤	-۱۳/۷	-۱۲/۱	۱۷/٤	۱٤/٦	۳۵/۲ (II)
داران	۲۲۹۰	-۱٤/۱	-۱۲/۷	-۱۱/٤	۱۵/٦	۱۳/٤	۵۵ (II)
دزفول	۱٤۳	۰/۵	۱/۲	۲	۱۱/۷	۱۰/۹	۵۱/۵ (II)
دهلران	۲۳۲	۰/۸	۱/۱	۱/۵	۱۳/۳	۱۰/۵	٤۵/٤ (II)
دوگنبدان	٦۹۹/۵	۰	۰/۵	۰/۹	۱۰/۹	۸/۸	۵۱/٦ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط زمستانی (**درجه سلسیوس**)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	**Max-Min**		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
رامسر	-۲۰	-۰/۵	۰/۱	۷/۰	۱۱/٤	۱۰/۱	۹۵/۷ (II)
رامهرمز	۱۵۰/۵	۰	۰	۰	۱۰/٦	۸/۳	٥٦/۳ (II)
رشت	۳۷	-۲/۵	-۱/٤	-۰/٦	۱۸/٦	۱۲/۷	۸۷/۷ (II)
رفسنجان	۱٤٦/۹	-۵/۳	-٤/۵	-۳/٦	۱۵/٦	۱۲/۵	۲٤۱/۷ (III)
روانسر	۱۵۰	-۱۰/۹	-۹/٤	-۷/۹	۱۸/۹	۱۵/٦	---
زابل	٤۸۹	-۳/۱	-۲/۲	-۱/۳	۱۳/۸	۱۱/٦	۱۰۰/۷ (III)
زاهدان	۱۳۷۰	-٦/۷	-۵/۵	-٤/۳	۱۷/۹	۱۳/٦	۱۲۲/۸ (II)
زرقان	۱۵۹٦	-۵/۲	-٤/۹	-٤	۱۰/۳	۸/۸	۳۵/۲ (II)
زنجان	۱٦٦۳	-۱۷/۳	-۱۵/۷	-۱٤/۲	۱۸/۲	۱۵/٦	۷٤ (II)
ساوه	۱۱٦/۷	-٤/۸	-۳/۹	-۳	۱٤/۷	۱۲/۷	۱۷۲/۷ (III)
سبزوار	۹۷۷/٦	-۹	-۷/۸	-٦/۷	۱٦/٦	۱۳/٤	۷۳/۵ (II)
سراب	۱٦۵/۱	-۱۹/۸	-۱۸/٤	-۱٦/۸	۲۱/۷	۱۹	۲۳۱/٦ (III)
سراوان	۱۱۹۵	-۱/٦	-۰/۷	۰/۲	۱٤/۲	۱۲/۵	۹٤/۲ (III)
سرپل ذهاب	۵۵	-۱/٦	-۰/۲	۰/۷	۱۲/۹	۱۱	---
سرخس	۲۲/۵	-۸/۱	-٦/۸	-۵/۵	۲۲/۷	۱۷	۱٦۸ (III)
سردشت	۱٦۷۰	-۹/۲	-۸/۱	-۷/۱	۱۲	۹/۸	۷۱/٦ (III)
سقز	۱۵۲۲/۸	-۱۹/۸	-۱۷/۵	-۱۵/۳	۱۷/٦	۱۵/۷	٤۸/٦ (II)
سمنان	۱۱۷۱	-٤/٤	-۳/٤	-۲/٦	۱۲/۳	۹/۷	۳۹/۷ (II)
سنندج	۱۳۷۳	-۱۲/۸	-۱۱/۵	-۱۰	۱۹/٦	۱٦/۵	۷۷/۹ (II)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط زمستانی (**درجه سلسیوس**)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	**Max-Min**		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
سیرجان	۱۷۳۹/٤	-۷/۵	-٦	-٤/۹	۱٤/۳	۱۲/٦	۷۸/۳ (III)
شاهرود	۱۳٤۵/۳	-۷/٤	-٦/٤	-۵/۵	۱۲/۹	۱۰/٤	۱۳۳/٦ (I)
شهر بابک	۱۸۳٤/۱	-۱۰	-۸/۳	-٦/۹	۱۳/٤	۱۲/۱	۷۳/۲ (II)
شهرکرد	۲۰٤۸/۹	-۱٦/۲	-۱٤/۳	-۱۲/٦	۱۷	۱٤/٤	٤۵/۲ (II)
شوشتر	۱۵	۳/۵	٤/۳	۵/۲	۱۳/۵	۱۱/۱	۱۹۱/۵ (III)
شیراز	۱٤۸۱	-۳/۵	-۲/٦	-۱/۹	۱۲/۲	۱۰/٤	۱٤۷/۸ (II)
طبس	۷۱۱	-۳/۳	-۲/۲	-۱/۳	۱۳/۳	۱۰/٦	٦۱/۲ (I)
فسا	۱۲۸۸/۳	-۱/۵	-۱	-۰/٦	۹/٤	۸/۵	٦٦/۷ (II)
فیروز کوه	۱۹۲۲	-۲۰/۲	-۱۹	-۱۷/٤	۱۹/۷	۱۷/٤	۱۸۳/٤ (III)
قائمشهر		-۲/۲	-۱/٤	-۰/۸	۱۳/۸	۱۱/۸	---
قائن	۱٤۳۳	-۱۱	-۹/۲	-۷/۳	۱۷/۹	۱۳/۵	٤۹/۱ (II)
قروه	۱۹۰٦	-۱٤/۸	-۱۳/۱	-۱۱/٤	۱۸/۵	۱۵/۳	۵۸ (III)
قزوین	۱۲۷۸	-۱۰/۷	-۹/۳	-۷/۹	۱٤/۷	۱۲/۳	٦٤/۸ (II)
قم	۹۲/۸	-٤/۷	-۳/۹	-۳	۱۵/۲	۱۲/۲	---
قمشه	۱۷۰	-۷/۷	-٦/٦	-۵/٤	۱٤/۹	۱۱/۸	۲۷۲ (III)
قمصر	۸۲۵/۲	-۵/۱	-٤/۲	-۳/۳	۱۳/۳	۱۰/۸	٦٤/۳ (II)
قوچان	۱۳۲	-۱٤/۱	-۱۲/۷	-۱۱/۱	۱۹/۹	۱۷/۱	۱۹۱/۳ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط زمستانی (درجه سلسیوس)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
کاشان	۹۸۲	-٤/٦	-۳/۳	-۲/٤	۱۲/٤	۹/۲	۱۲/٦ (II)
کاشمر	۱۰٦	-٤/٥	-۳/٦	-۲/٦	۱٦/۳	۱۲/۱	---
کرج	۱۳۲/۱	-۷/۸	-٦/۹	-٥/۹	۱٦/۳	۱۲/۹	۱۹٤/۲ (III)
کرمان	۱۷٥۳/۸	-۱۰/۱	-۸/٦	-۷/۲	۱٦	۱۲/٤	۱۳۹/٤ (III)
کرمانشاه	۱۳۲۲	-۱۰/۹	-۹/٤	-۸	۱۷/٥	۱٤/۷	۱۰۰/٤ (II)
کنارک چابهار	۱۲	٥/٥	۷/۳	۸/۷	۱۱/۱	۱۲/۷	۷۰/۲ (II)
کنگان	٤٦۹/۷	۰/۸	۱/۳	۱/٦	۱۱	۹	٥٥/٥ (II)
کنگاور	۱٥۰	-۹/۲	-۸/۱	-٦/۹	۱٥/۸	۱۳/۱	---
کوهرنگ	۲۲۸٥	-۱۹/٦	-۱۷/۷	-۱٥/۹	۱۸/٦	۱٥/۷	٦۰ (III)
کهنوج	٤٦۹/۷	۲	۳	۳/۹	۱۳	۱۱/۱	٥۳/٥ (III)
گناباد	۱۱٥	-٦/۲	-٥/۲	-٤/۲	۱۷/۱	۱٤	۲۰٥/٥ (III)
گرگان	۱۳/۳	-۱/۳	-۰/۷	-۰/۳	۱۳/۹	۱۰/٤	٦۹/۹ (I)
گلپایگان	۱۸۰	-۱٥/٤	-۱٤/۳	-۱۲/٦	۲۲/۲	۱۸/۸	۱۷۲/۷ (III)
گلمکان	۱۱۷٦	-۱۲/۳	-۹/۹	-۸	۱٦/۳	۱۲/۹	۱۱۸/۷ (II)
گنبد کاووس	۱٥	-۱/٦	-۱	-۰/۳	۱٦/۸	۱۲	۱٦۸/٦ (III)
لارفارس	۹۰	۱/۳	۲	۲/۷	۱۰/٦	۹/۸	۱۹٥/۹ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط زمستانی (درجه سلسیوس)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
ماکو	۱۶۳/٤	-۱۲/۱	-۱۱/۳	-۱۰/۳	۱۸/۱	۱٦/۱	---
مراغه	۱٤۱/۹	-۱۱/٤	-۱۰/۵	-۹/٤	۱٦/٦	۱۵/٦	---
مریوان	۱٤٦/۵	-۱٤/۵	-۱۲/۷	-۱۰/۷	۱۹/٦	۱۷	---
مسجد سلیمان	۳۲۰/۵	۱/۵	۲	۲/٤	۱۱/٤	۹/۲	۳۹/۲ (II)
مشهد	۹۹۹/۲	-۱۲/۷	-۱۱/۱	-۹/۵	۲۰/٤	۱٦/٦	۹۹/۱ (II)
ملایر	۱۷٤	-۱۱/۳	-۱۰/۱	-۸/۷	۱۷/۷	۱۵/۲	۲۰۰/۷ (III)
مهاباد	۱۵۰	-۱۲/٤	-۱۱/۲	-۱۰	۱۹/۳	۱٦/٦	---
میانه	۱۱۰	-۱۱/٦	-۱۰/٦	-۹/٦	۱۷/۱	۱۵/۷	---
میناب	٦	۷/۵	۸/۵	۹/۵	۱۱/٤	۱۲/۲	۸۱/٦ (III)
نائین	۱٦۰	-٦/۲	-۵/۳	-٤/۳	۱٤	۱۰/۹	۲۱۰/٤ (III)
نطنز	۱۸۰	-۷/۹	-۷	-۵/۹	۱۵/٦	۱۲/۱	۱٦۵/۱ (III)
نوشهر	-۲	-۰/۷	-۰/۲	۰/٤	۱۲	۱۰/۷	---
نیشابور	۱۲۱/۳	-۱۰/۲	-۹/۳	-۷/۹	۱۸/۷	۱۵/۹	۲۵۷/٤ (III)
همدان فردگاه	۱٦۷۹/۷	-۱۸/۱	-۱٦/۱	-۱٤/۲	۲۰/۱	۱۷	۵۰ (II)
یاسوج	۱۸۳۷	-۷	-۵/۷	-٤/۵	۱۲/۷	۱۲/٦	۳۷/۷ (II)
یزد	۱۲۳۷/۲	-۵/۸	-٤/٦	-۳/۵	۱٦/۷	۱۱/۹	۱۲۳/۲ (II)

جدول پ-۲ شرایط تابستانی استاندارد شده محیط بیرون (واحد متریک)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط تابستانی (درجه سلسیوس)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
آبادان	٦/٦	٤٧/٤	٢٩/٤	٤٦/٦	٢٨/٥	٤٥/٨	٢٧/٦	١١/٣	١٠	٢١٩ (II)
آباده	٢٠٣٠	٣٥/٦	١٨/٥	٣٤/٩	١٧/٨	٣٤/٣	١٧/٣	١٢/٥	٩/٢	١٠٠/٩ (II)
آبعلی	٢٤٥٠	٢٧/٥	١٥	٢٧	١٤/٤	٢٦/٥	١٣/٩	١٥	٩	٢٤٦/٤ (II)
آستارا	٢/٥	٣٢/٩	٢٧/٦	٣٢/٤	٢٧/٢	٣١/٨	٢٦/٧	١٤/١	١١/٥	١٩٥/٤ (III)
آغاجاری	٢٧	٤٨/٣	٢٩/٣	٤٧/٦	٢٨/٢	٤٦/٨	٢٧/٣	١١/٢	٩/٥	٩٥/٧ (III)
احمدآباد درودزن	١٨٠	٣٦/٤	٢١	٣٦	٢٠/٤	٣٥/٦	١٩/٩	١١/٤	٩/٥	٢٧٢/٧ (III)
اراک	١٧٠٨	٣٧	٢٠/٢	٣٦/٣	١٩/٦	٣٥/٦	١٩	١٣/٧	٩	٥٩/٥ (II)
اردبیل	١٣٥٠	٣١/٨	٢٠/٤	٣٠/٤	١٩/٨	٢٩/٢	١٩/٣	١٦/٧	١٢/١	----
اردستان	١٣٨/١	٤٠/٧	٢٣/١	٤٠/١	٢٢/٤	٣٩/٥	٢١/٦	١٥/٢	١١/٤	١٣٣/٣ (III)
ارومیه	١٣١٣	٣٣/٩	٢٠/٩	٣٣/١	٢٠/٤	٣٢/٢	١٩/٨	١٣/٩	٩/٦	٨٢ (II)
اسلام آبادغرب	١٣٤٦	٣٧/٨	٢٠/١	٣٧/١	١٩/٤	٣٦/٤	١٨/٨	١٢/٣	٨/١	١٠٦/٥ (II)
اصفهان	١٥٥٠	٣٨	٢١/١	٣٧/٣	٢٠/٤	٣٦/٦	١٩/٧	١٣/٢	٨/٧	١١١ (II)
اصفهان (شرق)	١٥٤٣	٣٨/٩	٢١/١	٣٨/٢	٢٠/٣	٣٧/٥	١٩/٦	١٣/٦	٩/٢	١٤٣/٤ (II)
انار	١٤٠٨/٨	٤٠/٤	٢٠/٢	٣٩/٨	١٩/٦	٣٩/٢	١٩/١	١٤/١	٨/٨	١٠٦/٥ (II)
اهر	١١٥	٣٢/٩	١٩/٥	٣١/٦	١٩/١	٣٠/٦	١٨/٨	١٧	٢١/١	----

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط تابستانی (درجه سلسیوس)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
اهواز	۲۲/۵	۴۷/۹	۲۹/۷	۴۷/۲	۲۸/۷	۴۶/۴	۲۷/۸	۱۲/۴	۹/۷	۱۵۰/۲ (II)
ایلام	۱۳۱/۹	۳۸/۲	۲۲/۹	۳۷/۷	۲۱/۹	۳۷/۱	۲۱/۱	۱۳/۸	۷/۹	۰ (III)
بابل	-۱۰	۳۶/۸	۱۹/۳	۳۶/۲	۱۸/۷	۳۵/۶	۱۸/۲	۱۳/۱	۹/۶	۱۱۲/۸ (II)
بابلسر	-۲۱	۳۲	۲۶/۸	۳۱/۵	۲۶/۳	۳۰/۹	۲۶	۱۰/۷	۹/۲	۱۳۳/۲ (I)
بافت	۲۲۸۰	۳۳/۲	۱۹/۳	۳۲/۷	۱۸/۴	۳۲/۱	۱۷/۸	۱۰/۳	۷/۴	۹۶/۱ (III)
بافق	۹۷۲	۴۴/۲	۲۱/۹	۴۳/۶	۲۱/۴	۴۳	۲۰/۹	۱۵	۸/۶	۶۶ (II)
بجنورد	۱۰۹۱	۳۶	۲۱/۵	۳۵/۱	۲۰/۹	۳۴	۲۰/۳	۱۴/۸	۱۰/۶	۱۱۲/۶ (III)
بروجرد	۱۶۳۲/۴	۳۷/۳	۱۸/۹	۳۶/۷	۱۸/۴	۳۶	۱۷/۹	۱۲/۱	۸/۳	۱۳۸/۶ (II)
بروجن	۲۱۹۷	۳۳	۱۷/۱	۳۲/۴	۱۶/۶	۳۱/۸	۱۶/۱	۱۳/۱	۹	۵۹/۶ (II)
بستان	۷/۸	۴۷/۲	۳۰/۹	۴۶/۳	۲۹/۴	۴۵/۵	۲۸/۳	۱۱/۳	۱۰/۲	۱۵۹/۳ (II)
بشرویه	۸۸۵	۴۳	۲۳/۲	۴۲/۱	۲۲/۵	۴۱/۲	۲۱/۹	۱۲/۹	۸	۶۷/۸ (I)
بم	۱۰۶۶/۹	۴۲/۴	۲۴/۴	۴۱/۶	۲۳/۶	۴۰/۸	۲۲/۹	۱۲/۸	۹/۱	۲۰۷/۵ (II)
بندر انزلی	-۲۶/۲	۳۱/۲	۲۶/۵	۳۰/۶	۲۶	۳۰	۲۵/۶	۱۱/۵	۹/۸	۱۲۸/۲ (I)
بندر عباس	۱۰	۴۱/۸	۳۱/۶	۴۰/۸	۳۱/۵	۳۹/۸	۳۰/۹	۶/۹	۸/۷	۱۶۲/۲ (II)
بندر لنگه	۱۴/۲	۳۹/۸	۳۲/۲	۳۸/۹	۳۱/۶	۳۸/۱	۳۱/۲	۷/۴	۷/۸	۱۱۳/۴ (II)
بندر ماهشهر	۶/۲	۴۷/۵	۳۱/۹	۴۶/۸	۳۰/۹	۴۶	۳۰/۱	۱۲/۵	۱۳/۱	۱۸۶/۹ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط تابستانی (درجه سلسیوس)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
بوشهر	۱۹/٦	٤۰/۸	۳۰/۹	۳۹/۷	۳۰/٤	۳۸/۷	۳۰	۸	۸/۳	۱۸۵/٤ (II)
بهبهان	۳۰	٤٦	۲۸/۳	٤٥/٤	۲۷/۷	٤٤/۸	۲۷/۱	۱۱/۹	۹/۳	۲۲۷/٤ (II)
بیجار	۱۹٤	۳۵	۲۰	۳٤/۲	۱۹/۱	۳۳/٤	۱۸/٤	۱۷/٦	۱۰/۸	۲۱۵/٤ (III)
بیارجمند شاهرود	۱۱۰	۳۷/۹	۲۳/۲	۳۷/۲	۲۲/۳	۳٦/۵	۲۱/٦	۱۵/۹	۱۰/٦	۹۵/۳ (III)
بیرجند	۱٤۹۱	۳۸/۹	۱۹/۸	۳۸	۱۸/٦	۳۷	۱۷/۸	۱۲/٦	۹/٤	۵۹/۹ (III)
پارس آباد مغان	٤/٤	۳۵/۷	۲۸/۲	۳۵/۱	۲۷/٤	۳٤/٤	۲٦/۷	۱٦/٤	۱۲/۷	---
پیام	۱۲٦۰/۵	۳۰/۱	۱٦/۷	۲۹/٦	۱٦/۲	۲۹	۱۵/۸	۱۳/۳	۸/۷	۱۰۱/۹ (III)
پیرانشهر	۱۳۵	۳۳/٦	۲۲/۵	۳۳	۲۱/۸	۳۲/۵	۲۱/۲	۱۵/۷	۱۱/۹	---
تبریز	۱۳٦۱	۳٦	۲۰/۳	۳۵	۱۹/۷	۳٤	۱۹/۱	۱٦/۷	۹/٤	۱۰۷/۲ (II)
تهران مرکز	۱۱۹۰	۳۸/۵	۲۲/۵	۳۷/۹	۲۱/۸	۳۷/۳	۲۱/۳	۱۵/۵	۸/٦	۱۲۸/۵ (II)
تهران مهرآباد	۱۱۹۰	۳۸/۵	۲۰/٦	۳۷/۹	۲۰/۱	۳۷/۱	۱۹/۷	۱۵/٤	۸/۲	۱۵۸/۵ (II)
تهران چیتگر	۱۲۱۵	۳۷/۲	۲۰/۲	۳٦/۷	۱۹/۹	۳٦/۲	۱۹/۵	۱٦/٦	۱۰/٦	۲۰۸/۳ (III)
تهران ژئو فیزیک	۱۳٦۰	۳٦/۳	۲۰	۳۵/۷	۱۹/۳	۳۵/۲	۱۸/۸	۱۷	۱۰/۸	---
تهران دوشان تپه	۱۲۰۹/۲	۳۸/٦	۲۲/۷	۳۸	۲۲	۳۷/۳	۲۱/۵	۱٤	۸/۱	۷۸ (I)
تکاب	۱۷٦۵	۳۳/۷	۱۸/۹	۳۳	۱۸/۳	۳۲/۳	۱۷/۸	۱٤	۸/٦	۸۰ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط تابستانی (درجه سلسیوس)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
جاسک	٤/٨	٣٨/١	٣١/٢	٣٧/٣	٣٠/٩	٣٦/٤	٣٠/٥	٧/٤	٧/١	١٠١/١ (II)
جزیره کیش	٣	٣٩/٦	٣١/٣	٣٨/٧	٣٠/٩	٣٨	٣٠/٥	٦	٦/٨	١٥٤/٦ (II)
جزیره سیری	٤/٤	٣٧/٢	٣١/٩	٣٦/٦	٣١/٥	٣٦	٣١/٢	٤/٦	٥/٤	٨٨/٦ (II)
جزیره ابوموسی	٦/٦	٣٨	٣١/٣	٣٧/٣	٣١	٣٦/٦	٣٠/٧	٦/٤	٧/٣	١١٥ (II)
جلفا	٧٠/٤	٣٨/٤	٢٣/٨	٣٧/٦	٢٣/٢	٣٦/٩	٢٢/٦	١٦/٩	١٠/٥	١٠٥ (III)
چابهار	٨	٣٦/٣	٣٠/٩	٣٥/٥	٣٠/٤	٣٤/٧	٣٠	٦/٣	٦/٨	١١٣/٧ (II)
خاش	١٤٣	٣٩/٥	٢٤/٦	٣٩/١	٢٣/٦	٣٨/٦	٢٢/٧	١٣/٢	١٢/١	٢٥٨/٦ (III)
خرم آباد	١١٢٥	٤١/١	٢٢/٧	٤٠/٤	٢١/٩	٣٩/٧	٢١/٣	١٢/٧	٨/١	٩٤/٢ (II)
خرمدره	١٥٧٥	٣٥	١٨/٩	٣٤/١	١٨/٤	٣٣/٢	١٧/٩	١٥/٨	٩/٣	١٠٢/٩ (II)
خلخال	١٧٩٦	٣١/٥	١٨/٦	٣٠/٥	١٨	٢٩/٥	١٧/٤	١٤/٧	٨/٩	٦٠/٣ (II)
خوربیابانک	٨٥	٤١/٨	٢٣/٨	٤١/١	٢٢/٤	٤٠/٣	٢١/٤	١٢/٦	٩/٤	٥٩/٩ (III)
خوی	١١٠٣	٣٥/٦	٢٢/١	٣٤/٧	٢١/٥	٣٣/٨	٢١	١٤/٣	١٠/٢	٣٧ (II)
داران	٢٢٩٠	٣٢/٢	١٥/٧	٣١/٦	١٥/٢	٣٠/٩	١٤/٧	١٤/١	٨/٨	٧٢/٩ (II)
دزفول	١٤٣	٤٧/٥	٢٧/٨	٤٦/٨	٢٧	٤٦	٢٦/٣	١٢/٦	٨/٤	١٠٠/٩ (II)
دهلران	٢٣٢	٤٧/٥	٢٩/٦	٤٦/٩	٢٨/٢	٤٦/٣	٢٧/١	١٢/٤	٩/٤	١١١/٥ (II)
دوگنبدان	٦٩٩/٥	٤٤/١	٢٥/٣	٤٣/٤	٢٤/٤	٤٢/٨	٢٣/٦	٩/٤	٨/٣	٩٤/٥ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط تابستانی (درجه سلسیوس)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
رامسر	-۲۰	۳۰/۲	۲۶/٤	۲۹/۷	۲٦	۲۹/۲	۲۵/٦	۱۰/۵	۹/٤	۱۰٤/۲ (I)
رامهرمز	۱۵۰/۵	٤۷/۵	۲۸/٤	٤٦/۹	۲۷/۲	٤٦/۲	۲٦/۳	۱۲/۸	۸/۸	۱۰۱/۸ (II)
رشت	۳۷	۳۳	۲٦/۸	۳۲/۲	۲٦/۱	۳۱/۵	۲۵/٦	۱۲/۳	۱۰/۲	۵۰/۲ (I)
رفسنجان	۱٤٦/۹	٤۰/٦	۲۳/٤	٤۰/۱	۲۲/۷	۳۹/٦	۲۲/۱	۱٤/۹	۱۰/۵	۲٤۸/۳ (III)
روانسر	۱۵۰	۳٦/۷	۲۰/٤	۳٦/۲	۱۹/٤	۳۵/۷	۱۸/٦	۱۵	۱۲/۲	---
زابل	٤۸۹	٤۲/۹	۲۵	٤۲	۲٤/۱	٤۱/۱	۲۳/٤	۱۳/۹	۹/٦	۲۷۰/۲ (III)
زاهدان	۱۳۷۰	۳۹/۱	۲۱/۱	۳۸/۵	۲۰/۳	۳۷/۷	۱۹/٦	۱٤/۵	۱۰/٦	۱۲۰ (II)
زرقان	۱۵۹٦	۳۵/۲	۱۹	۳٤/٦	۱۸/۵	۳٤	۱۸	۱۰/۲	۷/۲	۳٦ (II)
زنجان	۱٦٦۳	۳۵/۲	۲۰/۱	۳٤/۳	۱۹/۵	۳۳/٤	۱۹	۱٤/۷	۹/٤	٦۷/۳ (II)
ساوه	۱۱٦/۷	۳۹/۷	۲۲/۷	۳۹/۲	۲۱/۹	۳۸/۷	۲۱/٤	۱۳/۳	۹/۵	۱۸٤/۱ (III)
سبزوار	۹۷۷/٦	۳۹/۵	۲۱/۷	۳۸/٦	۲۱	۳۷/۷	۲۰/٤	۱۵/۷	۱۰/۲	۸۵/۹ (II)
سراب	۱٦۵/۱	۳۲/۳	۲۰/۱	۳۱/٦	۱۹/٤	۳۰/۸	۱۸/۸	۱٦/٦	۱۱/۲	۱۳۳ (II)
سراوان	۱۱۹۵	٤۱/۱	۲۳/۷	٤۰/٤	۲۲/۸	۳۹/۷	۲۲/۲	۱۲/۱	۱۱/۸	۹۱/٦ (III)
سرپل ذهاب	۵۵	٤۳/۸	۲۲/٦	٤۳/۲	۲۲/۲	٤۲/٦	۲۱/۸	۱۵/٦	۱۱/۷	---
سرخس	۲۲/۵	٤۱/۲	۲٤/۱	٤۰/۵	۲۳/٦	۳۹/۷	۲۳	۱۹/٤	۱۳/۸	۳۰۵/٤ (III)
سردشت	۱٦۷۰	۳۳/٤	۱۹/۷	۳۲/۷	۱۹/۱	۳۱/۹	۱۸/۷	۱٤/٤	۸/۷	۱۲۵ (III)
سقز	۱۵۲۲/۸	۳۷/۱	۲۱	۳٦/۲	۲۰/٤	۳۵/۳	۱۹/۸	۱۲/٦	۸/۷	٦۹/۸ (II)
سمنان	۱۱۷۱	۳۹/۵	۲۳/۲	۳۸/۸	۲۲/۵	۳۸/۱	۲۱/۹	۱۳/۸	۸/٤	۷۰/۹ (II)
سنندج	۱۳۷۳	۳۸/۵	۱۹/٦	۳۷/۹	۱۸/۹	۳۷/۲	۱۸/۵	۱٤/۷	۹/۰	۱۰٦/۹ (II)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط تابستانی (درجه سلسیوس)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
سیرجان	۱۷۳۹/٤	۳۷/۸	۲۱/٦	۳۷/۱	۲۰/۸	۳٦/٥	۲۰/۱	۱۲/۲	۱۰/۱	۱۰۹/٥ (III)
شاهرود	۱۳٤٥/۳	۳٦	۲۱	۳٥/۱	۲۰/٤	۳٤/۲	۱۹/۹	۱٤/۳	۹	۱٤۱/۱ (II)
شهر بابک	۱۸۳٤/۱	۳٦/۸	۱۹/۳	۳٦/۲	۱۸/۷	۳٥/٦	۱۸/۲	۱۳/۱	۹/٦	۱۱۲/۸ (II)
شهرکرد	۲۰٤۸/۹	۳٥/٦	۱۹/۷	۳٤/۹	۱۹/۱	۳٤/۱	۱۸/٦	۱۳/۲	۹/۲	٤۷/۷ (II)
شوشتر	۱٥	٤۷/۹	۲۹/۹	٤۷/۲	۲۹/۱	٤٦/٤	۲۸/۳	۱۲/۳	۹/٥	۲۰۳/۷ (II)
شیراز	۱٤۸۱	۳۸/۷	۲۰/۹	۳۸/۲	۲۰/۳	۳۷/٥	۱۹/۸	۱۱/۳	۸/٥	۱۷۳ (II)
طبس	۷۱۱	٤٤/۱	۲٥	٤۳/۲	۲٤	٤۲/٤	۲۳/۳	۱۳/٦	۹/۳	۷۷/٦ (II)
فسا	۱۲۸۸/۳	٤۰/٥	۲۲/۱	۳۹/۹	۲۱/٥	۳۹/۳	۲۱	۱۰/۹	۷/۷	۸۹/۲ (II)
فیروز کوه	۱۹۲۲	۳۲/۷	۱۷/۹	۳۲/۱	۱۷/٤	۳۱/٤	۱۷	۱٥/۹	۱۳/٥	۱٤٥/۸ (III)
قائمشهر	۸	۳٤/٤	۲٦/۳	۳۳/۷	۲٦/۸	۳۳	۲۷/٤	۱۳/۱	۱۰/۲	---
قائن	۱٤۳۳	۳٦/٥	۱۹/۳	۳٥/٥	۱۸/۸	۳٤/٦	۱۸/٤	۱٦/٥	۱۰/۳	٤۹/۷ (III)
قروه	۱۹۰٦	۳٤/۷	۱۷/۹	۳٤/۱	۱۷/٤	۳۳/٤	۱٦/۹	۱۳/٦	۷/٦	۷۸/٥ (III)
قزوین	۱۲۷۸	۳۷/۸	۲۱/۱	۳٦/۹	۲۰/٥	۳٦/۱	۲۰	۱۳/۹	۸/٦	۱۰۲/۷ (II)
قم	۹۲/۸	٤۱/۳	۲٤/۲	٤۰/۷	۲۳/٥	٤۰/۱	۲۲/۸	۱٥/٤	۱۰/٥	---
قمشه	۱۷۰	۳٦/۷	۱۹	۳٦/۳	۱۸/٥	۳٥/۸	۱۸/۲	۱۳/۸	۹/۳	۲٦۷/۹ (III)
قمصر	۸۲٥/۲	٤۱/۷	۲۳/۸	٤۱/۱	۲۳	٤۰/٤	۲۲/۳	۱٥	۸/۹	٦۰/۱ (II)
قوچان	۱۳۲	۳٤/۷	۱۹/۸	۳۳/۹	۱۹/۳	۳۲/۹	۱۸/۸	۱۷	۱۲/۲	۱٤٦/۳ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط تابستانی (درجه سلسیوس)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
کاشان	۹۸۲	۴۲/۶	۲۴	۴۱/۸	۲۳/۳	۴۱	۲۲/۶	۱۳/۵	۸/۱	۲۶/۳ (II)
کاشمر	۱۰۶	۳۹/۵	۲۱	۳۹/۱	۲۰/۵	۳۸/۵	۲۰/۲	۱۶/۵	۱۱/۳	---
کرج	۱۳۲/۱	۳۶/۲	۲۱/۵	۳۵/۷	۲۰/۶	۳۵	۲۰	۱۵/۷	۱۰/۱	۱۹۵/۳ (III)
کرمان	۱۷۵۳/۸	۳۷/۶	۱۹/۵	۳۷	۱۸/۹	۳۶/۳	۱۸/۳	۱۳/۷	۸/۹	۱۳۹/۴ (III)
کرمانشاه	۱۳۲۲	۳۹/۵	۲۰/۹	۳۸/۷	۲۰/۱	۳۷/۹	۱۹/۵	۱۳/۹	۸/۸	۱۳۹ (II)
کنارک چابهار	۱۲	۴۱/۸	۳۱	۴۰/۲	۳۰/۴	۳۸/۷	۲۹/۹	۹/۲	۷/۱	۹۲/۱ (II)
کنگان	۴۶۹/۷	۴۲/۸	۲۸/۵	۴۲	۲۸	۴۱/۳	۲۷/۴	۱۰	۸/۲	۱۰۷/۷
کنگاور	۱۵۰	۳۴/۹	۱۹/۶	۳۴/۴	۱۹/۱	۳۳/۹	۱۸/۸	۱۶/۶	۱۳	---
کوهرنگ	۲۲۸۵	۳۱/۲	۱۶/۱	۳۰/۶	۱۵/۴	۳۰/۱	۱۵	۱۰/۹	۷/۸	۸۲/۳ (II)
کهنوج	۴۶۹/۷	۴۵/۹	۲۹/۱	۴۵/۲	۲۸/۳	۴۴/۵	۲۷/۶	۱۳/۲	۱۲/۵	۱۳۹/۱ (III)
گناباد	۱۱۵	۳۹/۳	۲۰/۲	۳۸/۶	۱۹/۹	۳۷/۸	۱۹/۶	۱۶/۸	۱۲	۱۴۱/۹ (III)
گرگان	۱۳/۳	۳۶	۲۶/۱	۳۴/۸	۲۵/۶	۳۳/۸	۲۵/۱	۱۱/۶	۸/۵	۹۸/۵ (I)
گلپایگان	۱۸۰	۳۴/۴	۱۹	۳۳/۹	۱۸/۵	۳۳/۲	۱۸/۱	۱۲/۵	۸/۲	۱۷۹/۹ (III)
گلمکان	۱۱۷۶	۳۵/۵	۲۰/۸	۳۴/۶	۲۰/۲	۳۳/۸	۱۹/۶	۱۵/۳	۹/۶	۷۲/۹ (II)
گنبد کاووس	۱۵	۳۸/۵	۲۸/۸	۳۷/۶	۲۸/۲	۳۶/۶	۲۷/۶	۱۵/۵	۱۲/۲	۱۷۶/۴ (I)
لارفارس	۹۰	۴۴/۲	۲۷/۵	۴۳/۸	۲۶/۹	۴۳/۴	۲۶/۴	۱۱/۵	۱۲	۲۰۲ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (متر)	شرایط تابستانی (درجه سلسیوس)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
ماکو	۱۶۳/٤	۳٤/۲	۱۹/۸	۳۳/٦	۱۹	۳۲/۸	۱۸/٦	۱۷/۳	۱۳	---
مراغه	۱٤۱/۹	۳۵/۳	۱۹/۹	۳٤/۸	۱۹/۲	۳٤/۱	۱۸/۵	۱٦/۳	۱۲/۱	---
مریوان	۱٤٦/۵	۳٦	۲۲	۳۵/۵	۲۱	۳۵	۲۰/۳	۱٤/۷	۱۰/۷	---
مسجد سلیمان	۳۲۰/۵	٤٦/٦	۲٦/٦	٤۵/۹	۲۵/٦	٤۵/۲	۲٤/۸	۱۰/٦	۷/۸	۹٤/۲ (III)
مشهد	۹۹۹/۲	۳۷	۲۱/٦	۳٦/۱	۲۱	۳۵/۲	۲۰/٤	۱۷	۱۱/۸	۱۰۲/۹ (II)
ملایر	۱۷٤	۳۵/۸	۱۹/۵	۳۵/٤	۱۹	۳٤/۹	۱۸/۵	۱۳/٤	۱۰/۱	۲۲۵ (III)
مهاباد	۱۵۰	۳۵/۵	۲۳/۵	۳٤/۷	۲۲/٦	۳۳/۹	۲۱/۷	۱۵/۸	۱۱/٤	۲۷۸/۵ (III)
میانه	۱۱۰	۳۷/۲	۲۰/۹	۳٦/٦	۲۰/٤	۳۵/۸	۲۰/۱	۱٤/۹	۱۰/۳	---
میناب	٦	٤٤/۷	۳۱	٤۳/۹	۳۰/٤	٤۲/۸	۲۹/۹	۸/۸	۹/۵	۲۱۹/۷ (III)
نائین	۱٦۰	۳۷/۷	۲۰/۵	۳۷/٤	۲۰	۳٦/۸	۱۹/۵	۱٤/۷	۱۱/۸	۱۷۹ (III)
نطنز	۱۸۰	۳۵/۹	۲۰/۸	۳۵/۳	۲۰/۲	۳٤/۸	۱۹/۷	۱٤/۲	۸/۸	۱۸۷ (III)
نوشهر	-۲	۳۰/۵	۲٦/۸	۳۰/۲	۲٦/۵	۲۹/۸	۲٦/۱	۱۱	۹/۳	---
نیشابور	۱۲۱/۳	۳۷/۱	۲۰/۸	۳٦/۳	۲۰/۲	۳۵/۵	۱۹/٦	۱٦/۹	۱۲/۳	۲٤۹/۳ (I)
همدان	۱٦۷۹/۷	۳٦/۲	۲۰/٦	۳۵/۵	۲۰	۳٤/۸	۱۹/۵	۱۳/٦	۹/۱	۵٦/٤ (II)
یاسوج	۱۸۳۷	۳٦/۲	۱۹/۷	۳۵/۵	۱۸/۷	۳٤/۸	۱۸/۱	۱۲	۸/۸	٦۰ (II)
یزد	۱۲۳۷/۲	٤۱/۳	۲۱/۹	٤۰/٦	۲۱	۳۹/۹	۲۰/۳	۱٤/۷	۹/۱	۱۵٦/۹ (II)

جدول پ-۳ شرایط زمستانی استاندارد شده محیط بیرون (واحد انگلیسی)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط **زمستانی** (درجه فارنهایت)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	**Max-Min**		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
آبادان	۲۲	۳۵/۸	۳۷/٤	۳۸/۸	۲۲/۹	۲۲/۰	۱۵۰/۳ (II)
آباده	٦٦٦۰	۱۵/٦	۱۸/۳	۲۰/۵	۲٦/۵	۲۱/٤	۹۱/۵ (II)
آبعلی	۸۰۳۸	۷/۷	۹/۳	۱۰/۹	۲۸/٦	۲٤/۷	۱۷۰/٦ (III)
آستارا	۸	۲۸/٤	۲۹/۷	۳۰/۷	۲۷/۰	۲۱/٤	۲۵۰/۲ (III)
آغاجاری	۸۹	٤٤/٦	۳۳/۸	۳٤/۳	۲۲/۱	۱۸/۰	٦۵/۲ (III)
احمدآباد درودزن	۵۹۱	۲٤/۸	۲٦/٤	۲۷/۷	۲٤/۱	۱۹/۸	۲۷۸/٤ (III)
اراک	۵٦۰٤	٦/٦	۹/۵	۱۲/٤	۳۵/۸	۲۹/۰	۵٤/٦ (II)
اردبیل	٤٤۲۹	۱/۸	٤/٦	۷/۷	۳۷/۸	۳۳/۵	---
اردستان	٤۵۳	۲۳/۲	۲٤/٦	۲٦/۲	۲۹/۰	۲۰/۹	۱۹۳/۵ (III)
ارومیه	٤۳۰۸	۱۰/٦	۱۲/٤	۱٤/۲	۲۸/٤	۲٤/۵	٦۷/۹ (II)
اسلام آبادغرب	٤٤۱٦	۹/۱	۱۲/٤	۱۵/٤	۲۹/۰	۲٦/۱	۵۲/۵ (II)
اصفهان	۵۰۸۵	۱۹/۸	۲۱/۷	۲۳/۵	۲٦/۸	۲۰/۷	۱۰٤/۳ (II)
اصفهان (شرق)	۵۰٦۲	۱٤/۲	۱٦/۲	۱۸/۱	۲٦/۱	۲۲/۱	۱۲۱/۳ (II)
انار	٤٦۲۲	۱۷/۸	۲۰/۸	۲۳/۲	۳۱/۵	۲٤/۵	۸٤/۲ (II)
اهر	۳۷۷	۷/۵	۱۰/۲	۱۳/۱	٤/۷	۳۱/۷	---

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط زمستانی (درجه فارنهایت)				
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min	سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک / دمای تر	
اهواز	۷٤	۳٤/۰	۳٤/٥	۳٥/۱	۲۱/٤ / ۳/۲	۱٤۲/۱ (II)
ایلام	٤۳۳	۲۳/۲	۲٥/۳	۲۷/۱	۲٦/۳ / ۲۱/۸	۳۰ (III)
بابل	-۳۳	۱٤/۰	۱۷/۱	۱۹/٦	۲٤/۱ / ۲۱/۸	۷۳/۲ (II)
بابلسر	-٦۹	۳۱/۳	۳۳/۸	٤٤/٦	۲/۹ / ۱۸/۰	۸۲ (I)
بافت	۷٤۸۰	۲۰/۱	۲۲/۳	۲٤/٤	۲۲/۱ / ۲/۷	۸۸/۷ (III)
بافق	۳۱۸۹	۲٤/۳	۲۷/۰	۲۹/۳	۳۲/۸ / ۲۲/۷	۳۹/٦ (II)
بجنورد	۳٥۷۹	۱۰/۸	۱۳/٦	۱٦/٥	۳۲/۰ / ۲٥/۲	٥٥/۸ (III)
بروجرد	٥۳٥٦	۱٥/۱	۱۷/۲	۱۹/۸	۲۸/٦ / ۲۳/۰	۱۰۰/٤ (III)
بروجن	۷۲۰۸	۳/۷	۸/۱	۱۱/٥	۲۸/٤ / ۲۳/۲	٦۱/۷ (II)
بستان	۲٦	٤۱/۰	۳۳/۸	۳٤/۷	۲۰/۲ / ۳/۱	۱۱٤ (II)
بشرویه	۲۹۰٤	۲۱/٦	۲۳/۹	۲٦/۱	۲۲/٥ / ۱۸/۰	۲۷/۷ (II)
بم	۳٥۰۰	۳۰/۰	۳۱/٦	٤٤/٦	۳۰/۱ / ۲۱/۸	۱٥۳ (II)
بندر انزلی	-۸٦	۳۳/۸	٤٤/٦	۳٤/۳	۲٥/٤ / ۳/۱	۱۷۱/۹ (II)
بندر عباس	۳۳	٤٤/٤	٤٦/٤	٤۸/٤	۲/۰ / ۲۲/٥	۱۰٤/٦ (II)
بندر لنگه	٤۷	۳۲/۰	۳۲/۰	۳۲/۰	۱٦/۷ / ۱۷/۱	۹۷/۷ (II)
بندر ماهشهر	۲۰	۳٥/٤	۳٦/٥	۳۷/۸	۲۰/۳ / ۲۰/۰	۱٤۱/٤ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط زمستانی (درجه فارنهایت)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
بوشهر	٦٤	٤١/٩	٤٣/٥	٤٥/٠	٢٠/٠	٢/٥	١٧٥/٣ (II)
بهبهان	٩٨	٣٤/٢	٣٥/٤	٣٦/٩	٢٢/٥	٢/٠	٢٤١/٨ (III)
بیجار	٦٣٦	٠/٧	٣/٤	٦/١	٥/٢	٣٢/٢	١٣٤/٤ (III)
بیرجند	٤٨٩٢	١٥/٨	١٨/٣	٢٠/٧	٣٠/٦	٢٤/٥	٨٨/٢ (II)
بیارجمند شاهرود	٣٦١	١٦/٧	١٨/٥	٢٠/٧	٢٨/٨	٢٤/٨	١٦٢/٩ (III)
پارس آباد مغان	١٤	٢١/٩	٢٣/٧	٢٥/٣	٢٨/٣	٢٣/٢	---
پیام	٤١٥	١٩/٩	٢١/٧	٢٣/٥	١٩/٨	١٦/٧	٨٨/٣ (III)
پیرانشهر	٤٤٣	٤/٨	٧/٠	٩/٥	٤/٥	٣٢/٢	---
تبریز	٤٤٦٥	١٠/٢	١٢/٠	١٤/٠	٣٠/٦	٢٦/٦	٩٥/٢ (II)
تهران مرکز	٣٩٠٤	٢٦/٦	٢٨/٠	٢٩/٣	٢٢/٣	٢/٢	٨٩ (II)
تهران مهرآباد	٣٩٠٤	٢٢/٨	٢٤/٤	٢٦/١	٢٦/٨	٢٠/٩	١٣٤/١ (II)
تهران چیتگر	٣٩٨٦	٢١/٤	٢٣/٥	٢٥/٥	٢٦/٥	٢٣/٢	٢٦٢/٣ (III)
تهران ژئو فیزیک	٤٤٦٢	٢١/٠	٢٢/٣	٢٣/٥	٢٥/٠	١٩/٨	---
تهران دوشان تپه	٣٩٦٧	٢٤/٦	٢٦/٢	٢٧/٧	٢٣/٤	٣/١	٤٦ (II)
تکاب	٥٧٩١	-١/٧	١/٢	٤/١	٣١/٣	٢٨/٤	٤٣/٧ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط زمستانی (درجه فارنهایت)				
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min	سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
جاسک	۱۶	۳۵/۶	۳۶/۰	۳۶/۳	۱۳/۵	۱۶/۹	۱۱۳/۲ (II)
جزیره کیش	۱۰	۴۹/۸	۳۵/۲	۵۲/۵	۱۷/۵	۲/۵	۱۳۷/۵ (III)
جزیره سیری	۱۴	۳۲/۰	۳۲/۰	۳۲/۰	۱۱/۲	۱۳/۷	۹۲/۵ (III)
جزیره ابوموسی	۲۲	۴۳/۲	۴۴/۶	۴۵/۵	۱۶/۷	۱۷/۶	۱۱۹/۲ (III)
جلفا	۲۴	۱۸/۱	۱۹/۴	۲۱/۰	۲۹/۰	۲۵/۲	۶۶/۱ (III)
چابهار	۲۶	۴۸/۷	۳۴/۳	۵۲/۰	۱۴/۰	۳/۲	۱۲۲/۳ (II)
خاش	۴۶۹	۲۵/۲	۲۶/۸	۲۸/۴	۲۸/۳	۲۳/۶	۲۲۵/۵ (III)
خرم آباد	۳۶۹۱	۲۱/۴	۲۳/۴	۲۵/۲	۲۳/۲	۲۰/۰	۷۶/۴ (II)
خرمدره	۵۱۶۷	۹/۷	۱۲/۶	۱۴/۷	۲۸/۴	۲۳/۶	۱۴۲/۴ (II)
خلخال	۵۸۹۲	-۵/۸	-۲/۰	۱/۸	۳۱/۷	۲۸/۴	۵۶/۷ (II)
خوربیابانک	۲۷۹	۲۳/۵	۲۶/۶	۲۸/۸	۲۴/۵	۲/۲	۷۶/۵ (III)
خوی	۳۶۱۹	۴/۳	۷/۳	۱۰/۲	۳۱/۳	۲۶/۳	۳۵/۲ (II)
داران	۷۵۱۳	۶/۶	۹/۱	۱۱/۵	۲۸/۱	۲۴/۱	۵۵ (II)
دزفول	۴۶۹	۴۱/۰	۳۴/۲	۳۵/۶	۲۱/۱	۳/۴	۵۱/۵ (II)
دهلران	۷۶۱	۴۶/۴	۳۴/۰	۳۴/۷	۲۳/۹	۲/۷	۴۵/۴ (II)
دوگنبدان	۲۲۹۵	۳۲/۰	۴۱/۰	۴۸/۲	۳/۴	۱۵/۸	۵۱/۶ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط زمستانی (درجه فارنهایت)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
رامسر	-٦٦	۳۱/۱	۳۳/۸	۳۳/۳	۲۰/۵	۲/۰	۹۵/۷ (II)
رامهرمز	۵۱	۳۲/۰	۳۲/۰	۳۲/۰	۲/۹	۱٤/۹	٥٦/۳ (II)
رشت	۱۲۱	۲۷/۵	۲۹/۵	۳۰/۹	۳۳/۵	۲۲/۹	۸۷/۷ (II)
رفسنجان	٤۸۲	۲۲/۵	۲۳/۹	۲۵/۵	۲۸/۱	۲۲/۵	۲٤۱/۷ (III)
روانسر	٤۹۲	۱۲/٤	۱۵/۱	۱۷/۸	۳٤/۰	۲۸/۱	---
زابل	۱٦۰٤	۲٦/٤	۲۸/۰	۲۹/۷	۲٤/۸	۲۰/۹	۱۰۰/۷ (III)
زاهدان	٤٤۹۵	۱۹/۹	۲۲/۱	۲٤/۳	۳۲/۲	۲٤/۵	۱۲۲/۸ (II)
زرقان	۵۲۳٦	۲۲/٦	۲۳/۲	۲٤/۸	۲/۳	۱۵/۸	۳۵/۲ (II)
زنجان	۵٤۵٦	۰/۹	۳/۷	٦/٤	۳۲/۸	۲۸/۱	۷٤ (II)
ساوه	۳۸۳	۲۳/٤	۲۵/۰	۲٦/٦	۲٦/۵	۲۲/۹	۱۷۲/۷ (III)
سبزوار	۳۲۰۷	۱۵/۸	۱۸/۰	۱۹/۹	۲۹/۹	۲٤/۱	۷۳/۵ (II)
سراب	۵٤۲	-۳/٦	-۱/۱	۱/۸	۳۹/۱	۳٤/۲	۲۳۱/٦ (III)
سراوان	۳۹۲۱	۲۹/۱	۳۰/۷	۳۵/٦	۲۵/٦	۲۲/۵	۹٤/۲ (III)
سرپل ذهاب	۱۸۰	۲۹/۱	۳۱/٦	٤٤/٦	۲۳/۲	۱۹/۸	---
سرخس	۷٤	۱۷/٤	۱۹/۸	۲۲/۱	٤۰/۹	۳۰/٦	۱٦۸ (III)
سردشت	۵٤۷۹	۱۵/٤	۱۷/٤	۱۹/۲	۲۱/٦	۱۷/٦	۷۱/٦ (III)
سقز	٤۹۹٦	-۳/٦	۰/۵	٤/۵	۳۱/۷	۲۸/۳	٤۸/٦ (II)
سمنان	۳۸٤۲	۱/۲٤	۲۵/۹	۲۷/۳	۲۲/۱	۱۷/۵	۳۹/۷ (II)
سنندج	٤۵۰٤	۹/۰	۱۱/۳	۱٤/۰	۳۵/۳	۲۹/۷	۷۷/۹ (II)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط زمستانی (درجه فارنهایت)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
سیرجان	۵۷۰۷	۱۸/۵	۲۱/۲	۲۳/۲	۲۵/۷	۲۲/۷	۷۸/۳ (III)
شاهرود	٤٤١٤	۱۸/۷	۲۰/۵	۲۲/۱	۲۳/۲	۲/۵	۱۳۳/٦ (I)
شهر بابک	٦۰۱۷	۱٤/۰	۱۷/۱	۱۹/٦	۲٤/۱	۲۱/۸	۷۳/۲ (II)
شهرکرد	٦۷۲۲	۲/۸	٦/۳	۹/۳	۳۰/٦	۲۵/۹	٤۵/۲ (II)
شوشتر	٤۹	۳۸/۳	۳۹/۷	٤۱/٤	۲٤/۳	۲۰/۰	۱۹۱/۵ (III)
شیراز	٤۸۵۹	۲۵/۷	۲۷/۳	۲۸/٦	۲۲/۰	۲/۵	۱٤۷/۸ (II)
طبس	۲۳۳۳	۲٦/۱	۲۸/۰	۲۹/۷	۲۳/۹	۲/۹	٦۱/۲ (I)
فسا	٤۲۲۷	۲۹/۳	۳۰/۲	۳۰/۹	۱٦/۹	۱۵/۳	٦٦/۷ (II)
فیروز کوه	٦۳۰٦	-٤/٤	-۲/۲	۰/۷	۳۵/۵	۳۱/۳	۱۸۳/٤ (III)
قائمشهر	۰	۲۸/۰	۲۹/۵	۳۰/٦	۲٤/۸	۲۱/۲	---
قائن	٤۷۰۱	۱۲/۲	۱۵/٤	۱۸/۹	۳۲/۲	۲٤/۳	٤۹/۱ (II)
قروه	٦۲۵۳	۵/٤	۸/٤	۱۱/۵	۳۳/۳	۲۷/۵	۵۸ (III)
قزوین	٤۱۹۳	۱۲/۷	۱۵/۳	۱۷/۸	۲٦/۵	۲۲/۱	٦٤/۸ (II)
قم	۳۰٤	۲۳/۵	۲۵/۰	۲٦/٦	۲۷/٤	۲۲/۰	---
قمشه	۵۵۸	۱۸/۱	۲۰/۱	۲۲/۳	۲٦/۸	۲۱/۲	۲۷۲ (III)
قمصر	۲۷۰۷	۲۲/۸	۲٤/٤	۲٦/۱	۲۳/۹	۳/۲	٦٤/۳ (II)
قوچان	٤۳۳	٦/٦	۹/۱	۱۲/۰	۳۵/۸	۳۰/۸	۱۹۱/۳ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط زمستانی (درجه فارنهایت)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
کاشان	۳۲۲۲	۲۳/۷	۲۶/۱	۲۷/۷	۲۲/۳	۱۶/۶	۱۲/۶ (II)
کاشمر	۳۴۸	۲۳/۹	۲۵/۵	۲۷/۳	۲۹/۳	۲۱/۸	---
کرج	۴۳۳	۱۸/۰	۱۹/۶	۲۱/۴	۲۹/۳	۲۳/۲	۱۹۴/۲ (III)
کرمان	۵۷۵۴	۱۳/۸	۱۶/۵	۱۹/۰	۲۸/۸	۲۲/۳	۱۳۹/۴ (III)
کرمانشاه	۴۳۳۷	۱۲/۴	۱۵/۱	۱۷/۶	۳۱/۵	۲۶/۵	۱۰۰/۴ (II)
کنارک چابهار	۳۹	۴۱/۹	۴۵/۱	۴۷/۷	۲۰/۰	۲۲/۹	۷۰/۲ (II)
کنگان	۱۵۴۱	۴۶/۴	۳۴/۳	۳۴/۹	۱۹/۸	۱۶/۲	۵۵/۵ (II)
کنگاور	۴۹۲	۱۵/۴	۱۷/۴	۱۹/۶	۲۸/۴	۲۳/۶	---
کوهرنگ	۷۴۹۷	-۳/۳	۰/۱	۳/۴	۳۳/۵	۲۸/۳	۶۰ (III)
کهنوج	۱۵۴۱	۳۵/۶	۳۷/۴	۳۹/۰	۲۳/۴	۲۰/۰	۵۳/۵ (III)
گناباد	۳۷۷	۲۰/۸	۲۲/۶	۲۴/۴	۳۰/۸	۲۵/۲	۲۰۵/۵ (III)
گرگان	۴۴	۲۹/۷	۳۰/۷	۳۱/۵	۲۵/۰	۲/۵	۶۹/۹ (I)
گلپایگان	۵۹۱	۴/۳	۶/۳	۹/۳	۴۰/۰	۳۳/۸	۱۷۲/۷ (III)
گلمکان	۳۸۵۸	۹/۹	۱۴/۲	۱۷/۶	۲۹/۳	۲۳/۲	۱۱۸/۷ (II)
گنبد کاووس	۴۹	۲۹/۱	۳۰/۲	۳۱/۵	۳۰/۲	۲۱/۶	۱۶۸/۶ (III)
لارفارس	۲۹۵	۳۴/۳	۳۵/۶	۳۶/۹	۲/۹	۱۷/۶	۱۹۵/۹ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط زمستانی (درجه فارنهایت)					
		٪۹۹	٪۹۷/۵	٪۹۵	Max-Min		سرعت و جهت باد
		دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای خشک	دمای تر	
ماکو	۵۳۶	۱۰/۲	۱۱/۷	۱۳/۵	۳۲/۶	۲۹/۰	---
مراغه	٤٦٦	۱۱/۵	۱۳/۱	۱۵/۱	۲۹/۹	۲۸/۱	---
مریوان	٤٨١	۵/۹	۹/۱	۱۲/۷	۳۵/۳	۳۰/۶	---
مسجد سلیمان	۱۰۷	۳٤/۷	۳۵/٦	۳٦/۳	۲۰/۵	۱٦/٦	۳۹/۲ (II)
مشهد	۳۲۷۸	۹/۱	۱۲/۰	۱٤/۹	٤/۳	۲۹/۹	۹۹/۱ (II)
ملایر	۵۷۱	۱۱/۷	۱۳/۸	۱٦/۳	۳۱/۹	۲۷/٤	۲۰۰/۷ (III)
مهاباد	٤۹۲	۹/۷	۱۱/۸	۱٤/۰	۳٤/۷	۲۹/۹	---
میانه	۳٦۱	۱۱/۱	۱۲/۹	۱٤/۷	۳۰/۸	۲۸/۳	---
میناب	۲۰	٤۵/۵	٤۷/۳	٤۹/۱	۲۰/۵	۲۲/۰	۸۱/٦ (III)
نائین	۵۲۵	۲۰/۸	۲۲/۵	۲٤/۳	۲۵/۲	۳/٤	۲۱۰/٤ (III)
نطنز	۵۹۱	۱۷/۸	۱۹/٤	۲۱/٤	۲۸/۱	۲۱/۸	۱٦۵/۱ (III)
نوشهر	-۷	۳۰/۷	۳۱/٦	۳۹/۲	۲۱/٦	۳/۱	---
نیشابور	۳۹۸	۱۳/٦	۱۵/۳	۱۷/۸	۳۳/۷	۲۸/٦	۲۵۷/٤ (III)
همدان	۵۵۱۱	-۰/٦	۳/۰	٦/٤	۳/۸	۳۰/٦	۵۰ (II)
یاسوج	٦۰۲۷	۱۹/٤	۲۱/۷	۲۳/۹	۲۲/۹	۲۲/۷	۳۷/۷ (II)
یزد	٤۰۵۹	۲۱/٦	۲۳/۷	۲۵/۷	۳۰/۱	۲۱/٤	۱۲۳/۲ (II)

جدول پ-٤ شرایط تابستانی استاندارد شده محیط بیرون (واحد انگلیسی)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط تابستانی (درجه فارنهایت)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
آبادان	۲۲	۱۱۷/۳	۸٤/۹	۱۱۵/۹	۸۳/۳	۱۱٤/٤	۸۱/۷	۲۰/۳	۱۸/۰	۲۱۹ (II)
آباده	٦٦٦۰	۹٦/۱	٦۵/۳	۹٤/۸	٦٤/۰	۹۳/۷	٦۳/۱	۲۲/۵	۱٦/٦	۱۰۰/۹ (II)
آبعلی	۸۰۳۸	۸۱/۵	۵۹/۰	۸۰/٦	۵۷/۹	۷۹/۷	۵۷/۰	۲۷/۰	۱٦/۲	۲٤٦/٤ (II)
آستارا	۸	۹۱/۲	۸۱/۷	۹۰/۳	۸۱/۰	۸۹/۲	۸۰/۱	۲۵/٤	۲۰/۷	۱۹۵/٤ (III)
آغاجاری	۸۹	۱۱۸/۹	۸٤/۷	۱۱۷/۷	۸۲/۸	۱۱٦/۲	۸۱/۱	۲۰/۲	۱۷/۱	۹۵/۷ (III)
احمدآباد درودزن	۵۹۱	۹۷/۵	٦۹/۸	۹٦/۸	٦۸/۷	۹٦/۱	٦۷/۸	۲۰/۵	۱۷/۱	۲۷۲/۷ (III)
اراک	۵٦۰٤	۹۸/٦	٦۸/٤	۹۷/۳	٦۷/۳	۹٦/۱	٦٦/۲	۲٤/۷	۱٦/۲	۵۹/۵ (II)
اردبیل	٤٤۲۹	۸۹/۲	٦۸/۷	۸٦/۷	٦۷/٦	۸٤/٦	٦٦/۷	۳۰/۱	۲۱/۸	----
اردستان	٤۵۳	۱۰۵/۳	۷۳/٦	۱۰٤/۲	۷۲/۳	۱۰۳/۱	۷۰/۹	۲۷/٤	۲۰/۵	۱۳۳/۳ (III)
ارومیه	٤۳۰۸	۹۳/۰	٦۹/٦	۹۱/٦	٦۸/۷	۹۰/۰	٦۷/٦	۲۵/۰	۱۷/۳	۸۲ (II)
اسلام آبادغرب	٤٤۱٦	۱۰۰/۰	٦۸/۲	۹۸/۸	٦٦/۹	۹۷/۵	٦۵/۸	۲۲/۱	۱٤/٦	۱۰٦/۵ (II)
اصفهان	۵۰۸۵	۱۰۰/٤	۷۰/۰	۹۹/۱	٦۸/۷	۹۷/۹	٦۷/۵	۲۳/۸	۱۵/۷	۱۱۱ (II)
اصفهان (شرق)	۵۰٦۲	۱۰۲/۰	۷۰/۰	۱۰۰/۸	٦۸/۵	۹۹/۵	٦۷/۳	۲٤/۵	۱٦/٦	۱٤۳/٤ (II)
انار	٤٦۲۲	۱۰٤/۷	٦۸/٤	۱۰۳/٦	٦۷/۳	۱۰۲/٦	٦٦/٤	۲۵/٤	۱۵/۸	۱۰٦/۵ (II)
اهر	۳۷۷	۹۱/۲	٦۷/۱	۸۸/۹	٦٦/٤	۸۷/۱	٦۵/۸	۳۰/٦	۳۸/۰	----

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط تابستانی (درجه فارنهایت)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
اهواز	۷٤	۱۱۸/۲	۸۵/۵	۱۱۷/۰	۸۳/۷	۱۱۵/۵	۸۲/۰	۲۲/۳	۱۷/۵	۱۵۰/۲ (II)
ایلام	٤۳۳	۱۰۰/۸	۷۳/۲	۹۹/۹	۷۱/٤	۹۸/۸	۷۰/۰	۲٤/۸	۱٤/۲	۰ (III)
بابل	-۳۳	۹۸/۲	٦٦/۷	۹۷/۲	٦٥/۷	۹٦/۱	٦٤/۸	۲۳/٦	۱۷/۳	۱۱۲/۸ (II)
بابلسر	-٦۹	۸۹/٦	۸۰/۲	۸۸/۷	۷۹/۳	۸۷/٦	۷۸/۸	۳/۱	۱٦/٦	۱۳۳/۲ (I)
بافت	۷٤۸۰	۹۱/۸	٦٦/۷	۹۰/۹	٦٥/۱	۸۹/۸	٦٤/۰	۲/۳	۱۳/۳	۹٦/۱ (III)
بافق	۳۱۸۹	۱۱۱/٦	۷۱/٤	۱۱۰/۵	۷۰/۵	۱۰۹/٤	٦۹/٦	۲۷/۰	۱۵/۵	٦٦ (II)
بجنورد	۳۵۷۹	۹٦/۸	۷۰/۷	۹۵/۲	٦۹/٦	۹۳/۲	٦۸/۵	۲٦/٦	۲/۹	۱۱۲/٦ (III)
بروجرد	۵۳۵٦	۹۹/۱	٦٦/۰	۹۸/۱	٦٥/۱	۹٦/۸	٦٤/۲	۲۱/۸	۱٤/۹	۱۳۸/٦ (II)
بروجن	۷۲۰۸	۹۱/٤	٦۲/۸	۹۰/۳	٦۱/۹	۸۹/۲	٦۱/۰	۲۳/٦	۱٦/۲	۵۹/٦ (II)
بستان	۲٦	۱۱۷/۰	۸۷/٦	۱۱۵/۳	۸٤/۹	۱۱۳/۹	۸۲/۹	۲۰/۳	۲/۲	۱۵۹/۳ (II)
بشرویه	۲۹۰٤	۱۰۹/٤	۷۳/۸	۱۰۷/۸	۷۲/۵	۱۰٦/۲	۷۱/٤	۲۳/۲	۱٤/٤	٦۷/۸ (I)
بم	۳۵۰۰	۱۰۸/۳	۷۵/۹	۱۰٦/۹	۷٤/۵	۱۰۵/٤	۷۳/۲	۲۳/۰	۱٦/٤	۲۰۷/۵ (II)
بندر انزلی	-۸٦	۸۸/۲	۷۹/۷	۸۷/۱	۷۸/۸	۸٦/۰	۷۸/۱	۲۰/۷	۱۷/٦	۱۲۸/۲ (I)
بندر عباس	۳۳	۱۰۷/۲	۸۸/۹	۱۰۵/٤	۸۸/۷	۱۰۳/٦	۸۷/٦	۱۲/٤	۱۵/۷	۱٦۲/۲ (II)
بندر لنگه	٤۷	۱۰۳/٦	۹۰/۰	۱۰۲/۰	۸۸/۹	۱۰۰/٦	۸۸/۲	۱۳/۳	۱٤/۰	۱۱۳/٤ (II)
بندر ماهشهر	۲۰	۱۱۷/۵	۸۹/٤	۱۱٦/۲	۸۷/٦	۱۱٤/۸	۸٦/۲	۲۲/۵	۲۳/٦	۱۸٦/۹ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط تابستانی (درجه فارنهایت)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
بوشهر	٦٤	۱۰۵/٤	۸۷/٦	۱۰۳/۵	۸٦/۷	۱۰۱/۷	۸٦/۰	۱٤/٤	۱٤/۹	۱۸۵/٤ (II)
بهبهان	۹۸	۱۱٤/۸	۸۲/۹	۱۱۳/۷	۸۱/۹	۱۱۲/٦	۸۰/۸	۲۱/٤	۱٦/۷	۲۲۷/٤ (II)
بیجار	٦۳٦	۹۵/۰	٦۸/۰	۹۳/٦	٦٦/٤	۹۲/۱	٦۵/۱	۳۱/۷	۳/۲	۲۱۵/٤ (III)
بیارجمند شاهرود	۳٦۱	۱۰۰/۲	۷۳/۸	۹۹/۰	۷۲/۱	۹۷/۷	۷۰/۹	۲۸/٦	۲/۹	۹۵/۳ (III)
بیرجند	٤۸۹۲	۱۰۲/۰	٦۷/٦	۱۰۰/٤	٦۵/۵	۹۸/٦	٦٤/۰	۲۲/۷	۱٦/۹	۵۹/۹ (III)
پارس آباد مغان	۱٤	۹٦/۳	۸۲/۸	۹۵/۲	۸۱/۳	۹۳/۹	۸۰/۱	۲۹/۵	۲۲/۹	---
پیام	٤۱۵	۸٦/۲	٦۲/۱	۸۵/۳	٦۱/۲	۸٤/۲	٦۰/٤	۲۳/۹	۱۵/۷	۱۰۱/۹ (III)
پیرانشهر	٤٤۳	۹۲/۵	۷۲/۵	۹۱/٤	۷۱/۲	۹۰/۵	۷۰/۲	۲۸/۳	۲۱/٤	---
تبریز	٤٤٦۵	۹٦/۸	٦۸/۵	۹۵/۰	٦۷/۵	۹۳/۲	٦٦/٤	۳۰/۱	۱٦/۹	۱۰۷/۲ (II)
تهران مرکز	۳۹۰٤	۱۰۱/۳	۷۲/۵	۱۰۰/۲	۷۱/۲	۹۹/۱	۷۰/۳	۲۷/۹	۱۵/۵	۱۲۸/۵ (II)
تهران مهرآباد	۳۹۰٤	۱۰۱/۳	٦۹/۱	۱۰۰/۲	٦۸/۲	۹۸/۸	٦۷/۵	۲۷/۷	۱٤/۸	۱۵۸/۵ (II)
تهران چیتگر	۳۹۸٦	۹۹/۰	٦۸/٤	۹۸/۱	٦۷/۸	۹۷/۲	٦۷/۱	۲۹/۹	۲/۹	۲۰۸/۳ (III)
تهران ژئو فیزیک	٤٤٦۲	۹۷/۳	٦۸/۰	۹٦/۳	٦٦/۷	۹۵/٤	٦۵/۸	۳۰/٦	۳/۲	---
تهران دوشان تپه	۳۹٦۷	۱۰۱/۵	۷۲/۹	۱۰۰/٤	۷۱/٦	۹۹/۱	۷۰/۷	۲۵/۲	۱٤/٦	۷۸ (I)
تکاب	۵۷۹۱	۹۲/۷	٦٦/۰	۹۱/٤	٦٤/۹	۹۰/۱	٦٤/۰	۲۵/۲	۱۵/۵	۸۰ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط تابستانی (درجه فارنهایت)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
جاسک	۱۶	۱۰۰/۶	۸۸/۲	۹۹/۱	۸۷/۶	۹۷/۵	۸۶/۹	۱۳/۳	۱۲/۸	۱۰۱/۱ (II)
جزیره کیش	۱۰	۱۰۳/۳	۸۸/۳	۱۰۱/۷	۸۷/۶	۱۰۰/۴	۸۶/۹	۱۰/۸	۱۲/۲	۱۵۴/۶ (II)
جزیره سیری	۱۴	۹۹/۰	۸۹/۴	۹۷/۹	۸۸/۷	۹۶/۸	۸۸/۲	۸/۳	۹/۷	۸۸/۶ (II)
جزیره ابوموسی	۲۲	۱۰۰/۴	۸۸/۳	۹۹/۱	۸۷/۸	۹۷/۹	۸۷/۳	۱۱/۵	۱۳/۱	۱۱۵ (II)
جلفا	۲۴	۱۰۱/۱	۷۴/۸	۹۹/۷	۷۳/۸	۹۸/۴	۷۲/۷	۳۰/۴	۲/۷	۱۰۵ (III)
چابهار	۲۶	۹۷/۳	۸۷/۶	۹۵/۹	۸۶/۷	۹۴/۵	۸۶/۰	۱۱/۳	۱۲/۲	۱۱۳/۷ (II)
خاش	۴۶۹	۱۰۳/۱	۷۶/۳	۱۰۲/۴	۷۴/۵	۱۰۱/۵	۷۲/۹	۲۳/۸	۲۱/۸	۲۵۸/۶ (III)
خرم آباد	۳۶۹۱	۱۰۶/۰	۷۲/۹	۱۰۴/۷	۷۱/۴	۱۰۳/۵	۷۰/۳	۲۲/۹	۱۴/۶	۹۴/۲ (II)
خرمدره	۵۱۶۷	۹۵/۰	۶۶/۰	۹۳/۴	۶۵/۱	۹۱/۸	۶۴/۲	۲۸/۴	۱۶/۷	۱۰۲/۹ (II)
خلخال	۵۸۹۲	۸۸/۷	۶۵/۵	۸۶/۹	۶۴/۴	۸۵/۱	۶۳/۳	۲۶/۵	۱۶/۰	۶۰/۳ (II)
خوربیابانک	۲۷۹	۱۰۷/۲	۷۴/۸	۱۰۶/۰	۷۲/۳	۱۰۴/۵	۷۰/۵	۲۲/۷	۱۶/۹	۵۹/۹ (III)
خوی	۳۶۱۹	۹۶/۱	۷۱/۸	۹۴/۵	۷۰/۷	۹۲/۸	۶۹/۸	۲۵/۷	۲/۲	۳۷ (II)
داران	۷۵۱۳	۹۰/۰	۶۰/۳	۸۸/۹	۵۹/۴	۸۷/۶	۵۸/۵	۲۵/۴	۱۵/۸	۷۲/۹ (II)
دزفول	۴۶۹	۱۱۷/۵	۸۲/۰	۱۱۶/۲	۸۰/۶	۱۱۴/۸	۷۹/۳	۲۲/۷	۱۵/۱	۱۰۰/۹ (II)
دهلران	۷۶۱	۱۱۷/۵	۸۵/۳	۱۱۶/۴	۸۲/۸	۱۱۵/۳	۸۰/۸	۲۲/۳	۱۶/۹	۱۱۱/۵ (II)
دوگنبدان	۲۲۹۵	۱۱۱/۴	۷۷/۵	۱۱۰/۱	۷۵/۹	۱۰۹/۰	۷۴/۵	۱۶/۹	۱۴/۹	۹۴/۵ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط تابستانی (درجه فارنهایت)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
رامسر	-٦٦	٨٦/٤	٧٩/٥	٨٥/٥	٧٨/٨	٨٤/٦	٧٨/١	٢/٧	١٦/٩	١٠٤/٢ (I)
رامهرمز	٥١	١١٧/٥	٨٣/١	١١٦/٤	٨١/٠	١١٥/٢	٧٩/٣	٢٣/٠	١٥/٨	١٠١/٨ (II)
رشت	١٢١	٩١/٤	٨٠/٢	٩٠/٠	٧٩/٠	٨٨/٧	٧٨/١	٢٢/١	١٨/٤	٥٠/٢ (I)
رفسنجان	٤٨٢	١٠٥/١	٧٤/١	١٠٤/٢	٧٢/٩	١٠٣/٣	٧١/٨	٢٦/٨	٢/٧	٢٤٨/٣ (III)
روانسر	٤٩٢	٩٨/١	٦٨/٧	٩٧/٢	٦٦/٩	٩٦/٣	٦٥/٥	٢٧/٠	٢٢/٠	---
زابل	١٦٠٤	١٠٩/٢	٧٧/٠	١٠٧/٦	٧٥/٤	١٠٦/٠	٧٤/١	٢٥/٠	١٧/٣	٢٧٠/٢ (III)
زاهدان	٤٤٩٥	١٠٢/٤	٧٠/٠	١٠١/٣	٦٨/٥	٩٩/٩	٦٧/٣	٢٦/١	٢/٩	١٢٠ (II)
زرقان	٥٢٣٦	٩٥/٤	٦٦/٢	٩٤/٣	٦٥/٣	٩٣/٢	٦٤/٤	٢/٢	١٣/٠	٣٦ (II)
زنجان	٥٤٥٦	٩٥/٤	٦٨/٢	٩٣/٧	٦٧/١	٩٢/١	٦٦/٢	٢٦/٥	١٦/٩	٦٧/٣ (II)
ساوه	٣٨٣	١٠٣/٥	٧٢/٩	١٠٢/٦	٧١/٤	١٠١/٧	٧٠/٥	٢٣/٩	١٧/١	١٨٤/١ (III)
سبزوار	٣٢٠٧	١٠٣/١	٧١/١	١٠١/٥	٦٩/٨	٩٩/٩	٦٨/٧	٢٨/٣	٢/٢	٨٥/٩ (II)
سراب	٥٤٢	٩٠/١	٦٨/٢	٨٨/٩	٦٦/٩	٨٧/٤	٦٥/٨	٢٩/٩	٢٠/٢	١٣٣ (II)
سراوان	٣٩٢١	١٠٦/٠	٧٤/٧	١٠٤/٧	٧٣/٠	١٠٣/٥	٧٢/٠	٢١/٨	٢١/٢	٩١/٦ (III)
سرپل ذهاب	١٨٠	١١٠/٨	٧٢/٧	١٠٩/٨	٧٢/٠	١٠٨/٧	٧١/٢	٢٨/١	٢١/١	---
سرخس	٧٤	١٠٦/٢	٧٥/٤	١٠٤/٩	٧٤/٥	١٠٣/٥	٧٣/٤	٣٤/٩	٢٤/٨	٣٠٥/٤ (III)
سردشت	٥٤٧٩	٩٢/١	٦٧/٥	٩٠/٩	٦٦/٤	٨٩/٤	٦٥/٧	٢٥/٩	١٥/٧	١٢٥ (III)
سقز	٤٩٩٦	٩٨/٨	٦٩/٨	٩٧/٢	٦٨/٧	٩٥/٥	٦٧/٦	٢٢/٧	١٥/٧	٦٩/٨ (II)
سمنان	٣٨٤٢	١٠٣/١	٧٣/٨	١٠١/٨	٧٢/٥	١٠٠/٦	٧١/٤	٢٤/٨	١٥/١	٧٠/٩ (II)
سنندج	٤٥٠٤	١٠١/٣	٦٧/٣	١٠٠/٢	٦٦/٠	٩٩/٠	٦٥/٣	٢٦/٥	١٦/٢	١٠٦/٩ (II)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط تابستانی (درجه فارنهایت)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
سیرجان	۵۷۰۷	۱۰۰/۰	۷۰/۹	۹۸/۸	۶۹/۴	۹۷/۷	۶۸/۲	۲۲/۰	۲/۰	۱۰۹/۵ (III)
شاهرود	۴۴۱۴	۹۶/۸	۶۹/۸	۹۵/۲	۶۸/۷	۹۳/۶	۶۷/۸	۲۵/۷	۱۶/۲	۱۴۱/۱ (II)
شهر بابک	۶۰۱۷	۹۸/۲	۶۶/۷	۹۷/۲	۶۵/۷	۹۶/۱	۶۴/۸	۲۳/۶	۱۷/۳	۱۱۲/۸ (II)
شهرکرد	۶۷۲۲	۹۶/۱	۶۷/۵	۹۴/۸	۶۶/۴	۹۳/۴	۶۵/۵	۲۳/۸	۱۶/۶	۴۷/۷ (II)
شوشتر	۴۹	۱۱۸/۲	۸۵/۸	۱۱۷/۰	۸۴/۴	۱۱۵/۵	۸۲/۹	۲۲/۱	۱۷/۱	۲۰۳/۷ (II)
شیراز	۴۸۵۹	۱۰۱/۷	۶۹/۶	۱۰۰/۸	۶۸/۵	۹۹/۵	۶۷/۶	۲۰/۳	۱۵/۳	۱۷۳ (II)
طبس	۲۳۳۳	۱۱۱/۴	۷۷/۰	۱۰۹/۸	۷۵/۲	۱۰۸/۳	۷۳/۹	۲۴/۵	۱۶/۷	۷۷/۶ (II)
فسا	۴۲۲۷	۱۰۴/۹	۷۱/۸	۱۰۳/۸	۷۰/۷	۱۰۲/۷	۶۹/۸	۳/۴	۱۳/۹	۸۹/۲ (II)
فیروز کوه	۶۳۰۶	۹۰/۹	۶۴/۲	۸۹/۸	۶۳/۳	۸۸/۵	۶۲/۶	۲۸/۶	۲۴/۳	۱۴۵/۸ (III)
قائمشهر	۰	۹۳/۹	۷۹/۳	۹۲/۷	۸۰/۲	۹۱/۴	۸۱/۳	۲۳/۶	۲/۲	---
قائن	۴۷۰۱	۹۷/۷	۶۶/۷	۹۵/۹	۶۵/۸	۹۴/۳	۶۵/۱	۲۹/۷	۲/۳	۴۹/۷ (III)
قروه	۶۲۵۳	۹۴/۵	۶۴/۲	۹۳/۴	۶۳/۳	۹۲/۱	۶۲/۴	۲۴/۵	۱۳/۷	۷۸/۵ (III)
قزوین	۴۱۹۳	۱۰۰/۰	۷۰/۰	۹۸/۴	۶۸/۹	۹۷/۰	۶۸/۰	۲۵/۰	۱۵/۵	۱۰۲/۷ (II)
قم	۳۰۴	۱۰۶/۳	۷۵/۶	۱۰۵/۳	۷۴/۳	۱۰۴/۲	۷۳/۰	۲۷/۷	۲/۷	---
قمشه	۵۵۸	۹۸/۱	۶۶/۲	۹۷/۳	۶۵/۳	۹۶/۴	۶۴/۸	۲۴/۸	۱۶/۷	۲۶۷/۹ (III)
قمصر	۲۷۰۷	۱۰۷/۱	۷۴/۸	۱۰۶/۰	۷۳/۴	۱۰۴/۷	۷۲/۱	۲۷/۰	۱۶/۰	۶۰/۱ (II)
قوچان	۴۳۳	۹۴/۵	۶۷/۶	۹۳/۰	۶۶/۷	۹۱/۲	۶۵/۸	۳۰/۶	۲۲/۰	۱۴۶/۳ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط تابستانی (درجه فارنهایت)								سرعت وجهت باد
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
کاشان	۳۲۲۲	۱۰۸/۷	۷۵/۲	۱۰۷/۲	۷۳/۹	۱۰۵/۸	۷۲/۷	۲٤/۳	۱٤/٦	۲٦/۳ (II)
کاشمر	۳٤۸	۱۰۳/۱	٦۹/۸	۱۰۲/٤	٦۸/۹	۱۰۱/۳	٦۸/٤	۲۹/۷	۲۰/۳	---
کرج	٤۳۳	۹۷/۲	۷۰/۷	۹٦/۳	٦۹/۱	۹۵/۰	٦۸/۰	۲۸/۳	۲/۰	۱۹۵/۳ (III)
کرمان	۵۷۵٤	۹۹/۷	٦۷/۱	۹۸/٦	٦٦/۰	۹۷/۳	٦٤/۹	۲٤/۷	۱٦/۰	۱۳۹/٤ (III)
کرمانشاه	٤۳۳۷	۱۰۳/۱	٦۹/٦	۱۰۱/۷	٦۸/۲	۱۰۰/۲	٦۷/۱	۲۵/۰	۱۵/۸	۱۳۹ (II)
کنارک چابهار	۳۹	۱۰۷/۲	۸۷/۸	۱۰٤/٤	۸٦/۷	۱۰۱/۷	۸۵/۸	۱٦/٦	۱۲/۸	۹۲/۱ (II)
کنگان	۱۵٤۱	۱۰۹/۰	۸۳/۳	۱۰۷/٦	۸۲/٤	۱۰٦/۳	۸۱/۳	۱۸/۰	۱٤/۸	۱۰۷/۷
کنگاور	٤۹۲	۹٤/۸	٦۷/۳	۹۳/۹	٦٦/٤	۹۳/۰	٦۵/۸	۲۹/۹	۲۳/٤	---
کوهرنگ	۷٤۹۷	۸۸/۲	٦۱/۰	۸۷/۱	۵۹/۷	۸٦/۲	۵۹/۰	۳/٤	۱٤/۰	۸۲/۳ (II)
کهنوج	۱۵٤۱	۱۱٤/٦	۸٤/٤	۱۱۳/٤	۸۲/۹	۱۱۲/۱	۸۱/۷	۲۳/۸	۲۲/۵	۱۳۹/۱ (III)
گناباد	۳۷۷	۱۰۲/۷	٦۸/٤	۱۰۱/۵	٦۷/۸	۱۰۰/۰	٦۷/۳	۳۰/۲	۲۱/٦	۱٤۱/۹ (III)
گرگان	٤٤	۹٦/۸	۷۹/۰	۹٤/٦	۷۸/۱	۹۲/۸	۷۷/۲	۲۰/۹	۱۵/۳	۹۸/۵ (I)
گلپایگان	۵۹۱	۹۳/۹	٦٦/۲	۹۳/۰	٦۵/۳	۹۱/۸	٦٤/٦	۲۲/۵	۱٤/۸	۱۷۹/۹ (III)
گلمکان	۳۸۵۸	۹۵/۹	٦۹/٤	۹٤/۳	٦۸/٤	۹۲/۸	٦۷/۳	۲۷/۵	۱۷/۳	۷۲/۹ (II)
گنبد کاووس	٤۹	۱۰۱/۳	۸۳/۸	۹۹/۷	۸۲/۸	۹۷/۹	۸۱/۷	۲۷/۹	۲۲/۰	۱۷٦/٤ (I)
لارفارس	۲۹۵	۱۱۱/٦	۸۱/۵	۱۱۰/۸	۸۰/٤	۱۱۰/۱	۷۹/۵	۲۰/۷	۲۱/٦	۲۰۲ (III)

نام شهر	ارتفاع از سطح دریا (فوت)	شرایط تابستانی (درجه فارنهایت)								
		٪۱		٪۲/۵		٪۵		Max-Min		سرعت وجهت باد
		دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	دمای خشک	دمای تر	
ماکو	۵۳۶	۹۳/۶	۶۷/۶	۹۲/۵	۶۶/۲	۹۱/۰	۶۵/۵	۳۱/۱	۲۳/۴	---
مراغه	۴۶۶	۹۵/۵	۶۷/۸	۹۴/۶	۶۶/۶	۹۳/۴	۶۵/۳	۲۹/۳	۲۱/۸	---
مریوان	۴۸۱	۹۶/۸	۷۱/۶	۹۵/۹	۶۹/۸	۹۵/۰	۶۸/۵	۲۶/۵	۳/۱	---
مسجد سلیمان	۱۰۷	۱۱۵/۹	۷۹/۹	۱۱۴/۶	۷۸/۱	۱۱۳/۴	۷۶/۶	۲/۹	۱۴/۰	۹۴/۲ (III)
مشهد	۳۲۷۸	۹۸/۶	۷۰/۹	۹۷/۰	۶۹/۸	۹۵/۴	۶۸/۷	۳۰/۶	۲۱/۲	۱۰۲/۹ (II)
ملایر	۵۷۱	۹۶/۴	۶۷/۱	۹۵/۷	۶۶/۲	۹۴/۸	۶۵/۳	۲۴/۱	۲/۰	۲۲۵ (III)
مهاباد	۴۹۲	۹۵/۹	۷۴/۳	۹۴/۵	۷۲/۷	۹۳/۰	۷۱/۱	۲۸/۴	۲۰/۵	۲۷۸/۵ (III)
میانه	۳۶۱	۹۹/۰	۶۹/۶	۹۷/۹	۶۸/۷	۹۶/۴	۶۸/۲	۲۶/۸	۲/۳	---
میناب	۲۰	۱۱۲/۵	۸۷/۸	۱۱۱/۰	۸۶/۷	۱۰۹/۰	۸۵/۸	۱۵/۸	۱۷/۱	۲۱۹/۷ (III)
نائین	۵۲۵	۹۹/۹	۶۸/۹	۹۹/۳	۶۸/۰	۹۸/۲	۶۷/۱	۲۶/۵	۲۱/۲	۱۷۹ (III)
نطنز	۵۹۱	۹۶/۶	۶۹/۴	۹۵/۵	۶۸/۴	۹۴/۶	۶۷/۵	۲۵/۶	۱۵/۸	۱۸۷ (III)
نوشهر	-۷	۸۶/۹	۸۰/۲	۸۶/۴	۷۹/۷	۸۵/۶	۷۹/۰	۱۹/۸	۱۶/۷	---
نیشابور	۳۹۸	۹۸/۸	۶۹/۴	۹۷/۳	۶۸/۴	۹۵/۹	۶۷/۳	۳۰/۴	۲۲/۱	۲۴۹/۳ (I)
همدان	۵۵۱۱	۹۷/۲	۶۹/۱	۹۵/۹	۶۸/۰	۹۴/۶	۶۷/۱	۲۴/۵	۱۶/۴	۵۶/۴ (II)
یاسوج	۶۰۲۷	۹۷/۲	۶۷/۵	۹۵/۹	۶۵/۷	۹۴/۶	۶۴/۶	۲۱/۶	۱۵/۸	۶۰ (II)
یزد	۴۰۵۹	۱۰۶/۳	۷۱/۴	۱۰۵/۱	۶۹/۸	۱۰۳/۸	۶۸/۵	۲۶/۵	۱۶/۴	۱۵۶/۹ (II)

مراجع

1- HVAC design manual for hospitals and clinics, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., 2003.

2- Guidelines for Design and Construction of Hospital and Health Care Facilities, American Institute of Architects (AIA), 2001.

3- ASHRAE handbook of fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., 2009.

4- ASHRAE handbook of applications. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., 2007.

5- ANSI/ASHRAE Standard 62.1, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., 2010.

٦- دستورالعمل انتخاب شرایط بیرون جهت استفاده در طراحی سیستمهای حرارتی و تهویه مطبوع برای شهرهای ایران، قاسم حیدری نژاد و شهرام دلفانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، شماره نشریه ض-٤٦٢، ١٣٨٦.

٧- شهرام دلفانی و مریم کرمی، تحلیل مصرف انرژی سیستمهای سرمایشی، گرمایشی و تهویه مطبوعی ساختمان‌های شهر تهران بر اساس داده‌های آب و هوایی بازه‌ای، اولین کنفرانس بین المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع، ایران، تهران، ١٣٨٨.

٨- مقررات ملی ساختمان، مبحث چهاردهم، تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ١٣٩١.

٩- مقررات ملی ساختمان، مبحث نوزدهم، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ١٣٨٩.

١٠- طراحی موتورخانه، محمدرضا سلطاندوست، انتشارات یزدا، ١٣٩٠.