الزامات پدافند غیرعامل :

- ملاحظات عمومی تاسیسات بیمارستان‌های زیرزمینی

نکات عمومی که در طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان‌های امن مدفون بایستی مد نظر قرار گیرند، عبارتند از:

۱- رعایت مقررات ملی ساختمان (مباحث۳، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۱و ۲۲)

۲- رعایت مشخصات فنی (استاندارد برنامه‌ریزی و طراحی بیمارستان ایمن- طراحی بناهای درمانی)

۳- اقتصادی بودن طرح

۴- مصرف انرژی (خصوصا مبحث ۱۹مقررات ملی ساختمان)

۵- انعطاف‌پذیری (قابلیت تغییر کاربری به پناهگاه یا کاربرد چند منظوره در زمان صلح)

۶- پایداری کارکرد (کارکرد مداوم و بدون وقفه)

۷- رعایت اصول پدافند غیر عامل (استحکامات، اختفاء و استتار، سیستم‌های جایگزین و ...)

۸- کنترل آلودگی و عفونت (از طریق کنترل فشار و دبی هوای تازه و هوای اگزاست)

۹- کنترل صدا (جهت آسایش بیماران موجی و روانی و هم‌چنین اختفاء بیمارستان زیرزمینی)

لازم به ذکر است که اصول کلی الزامات پدافند غیرعامل که باید در طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان‌های زیرزمینی رعایت شود به شرح زیر است:

۱- هوشمندسازی تهویه مطبوع بیمارستان امن مدفون: عدم دخالت انسان و خطاهای انسانی در شرایط اضطراری به منظور تامین هوای مطبوع در فضای بیمارستان

۲- موازی سازی : تعدد و چندگانه‌سازی در تجهیزات تاسیساتی

۳- مکان‌یابی : نصب تجهیزات تاسیساتی در مکان‌های مناسب و امن

۴- پراکندگی : قرار دادن تاسیسات مختلف و یا موازی‌سازی شده در مکان‌های دور از یکدیگر

۵- استحکامات : استفاده از تجهیزات مستحکم و تا حدودی مقاوم نسبت به موج انفجار

۶- مقاوم‌سازی : نصب محکم و صحیح تجهیزات در مکان‌های مشخص شده

۷- تعمیرپذیری و استمرار فعالیت

همانطور که در بخش‌های قبل مورد بررسی قرار گرفت در طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان‌های امن زیرزمینی بر مبنای پدافند غیرعامل مولفه‌های زیر که هر یک شامل شاخص‌هایی می‌شوند، موثرند که عبارتند از:

۱. تاسیسات تهویه مطبوع و تعویض هوا
۲. تاسیسات بهداشتی
۳. تاسیسات دفع فاضلاب عمومی و عفونی
۴. تاسیسات اطفاء حریق
۵. تاسیسات گازهای طبی

لازم به ذکر است که در هر طرح مشخص از فضاهای بیمارستان بین سیستم‌های مختلفی که توانایی شرایط مورد نیاز دارند، باید سیستم اقتصادی و مقرون به صرفه مورد توجه قرار گرفته و طراحی شود. برای انتخاب سیستم اقتصادی لازم است هزینه یک دوره مفید سیستم‌های مختلف محاسبه شود و سیستم مناسب مشخص شود. در این راستا این موارد مورد توجه قرار گیرد:

- هزینه اولیه
- هزینه مصرف انرژی
- هزینه راهبری
- هزینه انعطاف‌پذیری
- هزینه اضافی پایداری کارکرد سیستم‌ها
- هزینه نگهداری و بهره‌برداری

به منظور رعایت اقتصاد طرح‌ها، راهبردهای زیر در تدوین ضوابط منظور شده است:

- **هماهنگی راهکارها:** تاکید بر روش‌های مقاوم سازی مشترک، یعنی طرح‌هایی که اجرای آن‌ها باعث کاهش آسیب‌پذیری در برابر دو یا چند مخاطره می‌شود. مثلا استفاده از اتاق هوابند، که می‌تواند به عنوان سرویس بهداشتی هم استفاده شود، به منظور جلوگیری از نفوذ آلودگی شیمیایی و میکروبی، شیلدینگ الکترومغناطیسی ورودی سازه‌ها، کاهش شکاف‌های عبور کابل، لوله و کانال‌های تهویه و حفاظت در برابر موج فشار.
- **حفاظت چند لایه:** دسترسی به حداکثر کیفیت مطلوب، نیازمند استفاده از روش‌های اجرایی دقیق، پیچیده و زمان‌بر است. در صورت امکان، استفاده از روش‌های اجرایی با کیفیت کمتر و احداث لایه‌های مشابه، دسترسی به سطوح مختلف کیفیت را ممکن می‌سازد. طراحی حفاظتی چند لایه مشابه، باعث انبوه-سازی در اجرا و کاهش هزینه‌های خرید، بازرسی، آموزش و تعمیرات می‌شود. مثلا برای ایجاد شیلدینگ ۸۰ دسی بل، استفاده از دولایه شیلد با ورق‌های مسی پیچ شده به یکدیگر و بدون پوشش کامل درزهای

محل اتصال ورق‌ها، به مراتب ارزان‌تر و ساده‌تر از نصب یک لایه شیلد با ورق مسی با جوشکاری درزهای محل اتصال ورق‌ها می‌باشد.

درفصل چهارم به نقاط آسیب‌پذیر موارد بالا اشاره شد که در اینجا به راهکارهای کاهش آسیب و تخریب در طراحی سیستم تاسیسات مکانیکی یک بیمارستان امن مدفون می‌پردازیم.

قابل ذکر است که این بیمارستان باید به صورت استفاده چند منظوره طراحی گردد؛ بدین معنی که در حالت عادی به عنوان پارکینگ استفاده شود و در حالت اضطراری با کمترین تغییرات و کمترین هزینه به بیمارستان امن زیرزمینی تبدیل شود.

تاسیسات تهویه مطبوع و تعویض هوا

در نشریه شماره ۲۷۱- شرایط طراحی- که توسط معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور در سال ۱۳۸۲ منتشر شده است، جهت محاسبات تاسیسات گرمایش، سرمایش، تعویض هوا و تهویه مطبوع، شرایط طرح تابستانی و زمستانی ویژه تعدادی از شهرهای کشور پیشنهاد شده است که می‌تواند مبنای محاسبات بارهای گرمایی و سرمایی قرار گیرد.

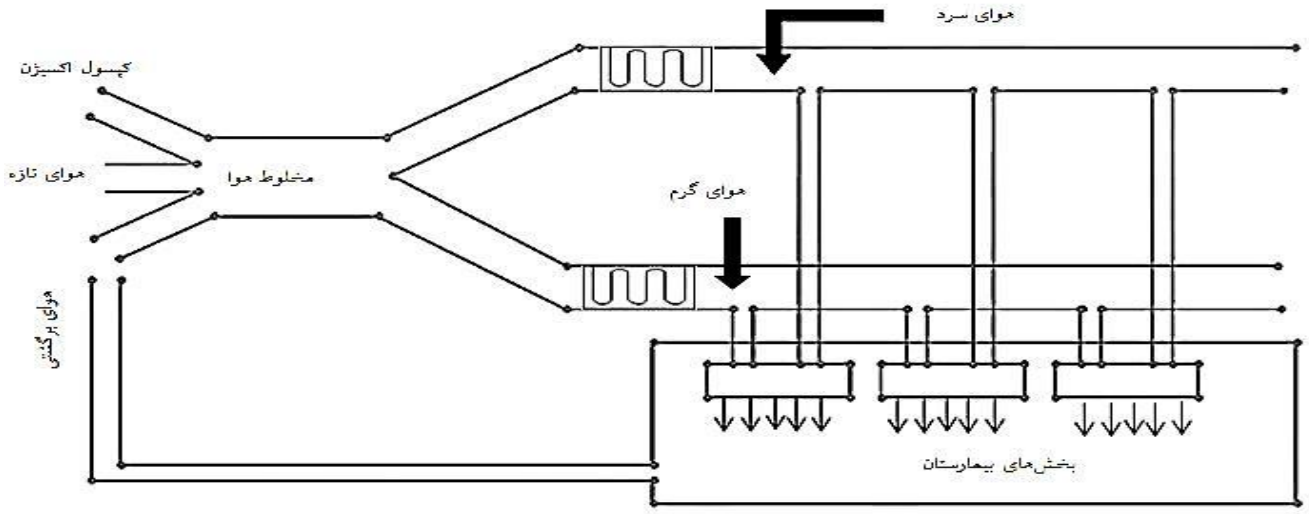
با توجه به اصول پدافند غیرعامل، ابتدا باید بیمارستان امن مدفون به مناطق (نواحی) مختلف تاسیساتی تقسیم شوند و هر ناحیه به طور جداگانه تغذیه گردد. هر ناحیه از تعدادی فضای با کاربری مشترک تشکیل می‌شود و میزان پیشروی این فضاها به جهت مکانی نیز محدود کننده ناحیه خواهد بود.

مثلا اگر بخشی از شرق تا غرب بیمارستان امتداد یابد و مرکز بیمارستان را قطع می‌کند، باید به دو یا سه ناحیه تقسیم شود؛ زیرا بسته به محل انفجار، ممکن است غرب، مرکز یا شرق بیمارستان آسیب جدی ببیند. در این وضعیت چنانچه تعداد ناحیه‌ها بیشتر باشد، امکان استفاده از فضاهای بیشتری مهیا خواهد بود. در حالی که اگر تمام این بخش فقط از یک ناحیه تاسیساتی تغذیه شود، در صورت وقوع هرگونه خرابی و یا حملات دشمن، همه بخش مذکور غیر قابل استفاده خواهد شد.

بهترین پیشنهاد برای سیستم تهویه مطبوع برای بخش‌های مختلف بیمارستان امن مدفون، دستگاه هواساز تک ناحیه و با حجم متغیر که دارای دو کانال[1] برای سرمایش و گرمایش به صورت مستقل می‌باشد، که هوای ورودی این هواساز از سه منبع کپسول‌های ذخیره اکسیژن در صورت قطع ارتباط هوایی با بیرون، هوای تازه در صورت سالم بودن هوای بیرون و هوای برگشتی متناسب با عملکرد نوع بخش می‌باشد. برای

[1] - Dual Duct VAV System

هر بخش از بیمارستان یک هواساز مجزا که به صورت VAV کار می‌کند، مطابق شکل در نظر می‌گیریم. همچنین این هواسازها در نزدیک‌ترین موقعیت به فضاهای هر بخش نصب می‌شود.



شکل: شماتیک هواساز جریان متغیر دو کاناله با سه منبع تامین هوای ورودی به بیمارستان

البته همانطور که در فصل دوم ذکر شد، به جهت کنترل آلودگی با ایجاد فشار مثبت و منفی بسته به اتاق مورد نظر، به ناچار باید سیستم تهویه از نوع هوایی باشد. اما چون ابعاد کانال زیاد می‌شود و سقف راهروها بیش از حد پایین می‌آید، تقریبا در تمامی بیمارستان‌ها از سیستم آبی- هوایی استفاده می‌کنند. در این روش درصدی از بار توسط هواساز و کانال و قسمت اعظم آن توسط سیستم لوله‌کشی و فن کویل تامین می‌شود. حال به ملاحظات پدافند غیرعامل جهت کاهش آسیب‌پذیری در تاسیسات گرمایی، تهویه مطبوع و تعویض هوا در نقاط آسیب‌پذیر می‌پردازیم که عبارتند از:

۵-۱-۱-۱- سیستم بخار:

۱. برای مقابله با خطرات ناشی از استفاده از سیستم بخار (مانند لگن‌شوهای بخار و استریل مواد مصرفی در بیمارستان)، می‌توان از لگن خردکن‌ها استفاده کرد که در این روش، لگن‌های مورد استفاده در این دستگاه از جنس کاغذ فشرده ضد آب و به صورت یکبار مصرف هستند و پس از استفاده در دستگاه از بین می‌روند. البته راه دیگر استفاده از لگن‌شوهای شیمیایی است که در این دستگاه‌ها از مواد شیمیایی مخصوص، جهت از بین بردن آلودگی و عفونت لگن‌ها استفاده می‌شود. با استفاده از این دو روش،

موارد استفاده از بخار در بیمارستان فقط برای استریل کردن بکار می‌رود و خطرات ناشی از شکستن لوله‌های حامل بخار در شرایط بحران به حداقل می‌رسد. البته باید مد نظر داشت که اقلام استریل از قبل و چندین برابر نیاز بیمارستان در شرایط بحرانی در اتاق‌های تمیز موجود می‌باشند و در صورت استریل مواد غیرمصرفی در اتاق عمل می‌توان از استریل به صورت شیمیایی استفاده کرد؛ هرچند بعضی اقلام فقط با بخار استریل می‌شوند که در آن‌جا مجبوریم از سیستم بخار استفاده کنیم.

۲. لازم به ذکر است که در بیمارستان امن زیرزمینی تا جایی که امکان دارد از وسایل استریل شده یک‌بار مصرف استفاده شود.

۳. در صورت لزوم لوله‌کشی بخار در بیمارستان امن مدفون، حتما باید از فیوزهای گازی با وصل مجدد غیر خودکار (دستی) همراه با سیستم هشداردهنده استفاده نمود. (برای توضیح بیشتر در مورد فیوزهای گازی به قسمت ۵-۱-۵ بخش تاسیسات گازهای طبی مراجعه شود).

۵-۱-۱-۲- سیستم تخلیه و اگزاست:

۱. برای اینکه عملیات خروج هوای اگزاست و آلوده از بیمارستان در حملات دشمن دچار اخلال نشود، باید چند خروجی و چندین فن به صورت رزرو وجود داشته باشد تا در صورت تخریب یک خروجی و یا فن اگزاست آن، خروج هوای آلوده به راحتی انجام گردد. در ضمن هوای مصرف شده داخل بیمارستان باید از طریق سوپاپ فشار مناسب و مورد تایید از کنار در به محیط خارج هدایت شود. با توجه به اینکه در شرایط عادی از بیمارستان امن مدفون به عنوان پارکینگ زیرزمینی استفاده می‌شود، پس سیستم اگزاست هوای خروجی باید قابلیت اگزاست هوا در شرایط پارکینگ را هم داشته باشد تا بتواند هوای مطلوب و قابل استفاده را برای مراجعه‌کنندگان به پارکینگ زیرزمینی فراهم نماید.

۲. برای اختفا یا پنهان سازی کانال‌های گازهای خروجی، از روش مبدل سازی می‌توان بهره برد. در این روش که با تغییر قیافه هدف و یا فعالیت‌هایی که دشمن را از شناسایی هدف منحرف می‌سازد، همراه است؛ می‌توان از مواد و تاسیسات کاذب و گمراه کننده استفاده نمود. به عنوان مثال، شفت یا کانالی که جهت ورود یا خروج هوای بیمارستان زیرزمینی استفاده می‌شود را می‌توان با هندسه فراکتال به گونه‌ای اجرا نمود که همانند قلوه سنگ‌های اطراف یا پستی و بلندی محیط اطراف به نظر آید.

۵-۱-۱-۳- دود و گرمای حاصل از اگزاست و تخلیه گازهای خروجی:

از دیگر الزامات پدافند غیرعامل که باید در سیستم تهویه بیمارستان امن مدفون انجام شود پنهان سازی گازهای خروجی کانال‌های تخلیه از دید رادارها و سنجنده‌ها می‌باشد. با اندکی دقت و توجه می‌توان استنباط کرد که استتار به وسیله پوشش با شاخ و برگ درخت قابل اعتماد در برابر رادار نخواهد بود. تورهای استتاری در مقابل رادار موثر نیستند، ولی تورهایی که با (PVC) و ترکیبی از مواد ویژه ساخته شده‌اند، تاسیسات را از دید دشمن پنهان می‌سازد. این استتار سبب می‌شود که از تصویر رادار، شیء را از زمینه اطراف آن نامشخص سازد. پنهان سازی از اشعه مادون قرمز فعال، بستگی به کاهش میزان انعکاس اشعه بین هدف و محیط اطراف دارد. در صورتی که هدف و زمینه اطراف آن دارای بازتاب و بافت یکسانی باشند، پنهان بودن کامل میسر می‌گردد. مخفی‌سازی در برابر ردیابی غیر فعال بستگی به کاهش حرارتی دارد که از هدف ساطع می‌شود. چون این حرارت بیش از حرارت محیط است، بنابراین برای جلوگیری از تشعشع حرارتی روش‌های زیر توصیه می‌شود:

۱. عایق کاری و ایجاد حایل و استفاده از حفاظ (بوته‌های انبوه و یا پوشش به وسیله درخت از میزان تابش حرارتی خواهد کاست)
۲. رنگ آمیزی‌هایی که با سبزینه تناسب و تشابه دارند، قادرند در مقابل ردیابی اشعه مادون قرمز، استتار ایجاد نمایند.
۳. گازهای خروجی حاصل از احتراق ژنراتورهای اضطراری تولید برق در شرایط قطع برق در بیمارستان و همچنین تهویه تونل با انتقال به یک کانال توسط فن‌هایی به محیط دور دست از بیمارستان انتقال یابد.
۴. با توجه به حجم گازهای خروجی از مشعل توربین و ژنراتور، با بکارگیری مجموعه‌ای فیلترهای جذب دود می‌توان غلظت دودهای خروجی از اگزوز را کاهش داد و سپس با ترکیب هوا به محیط انتقال داد. در این روش فیلترهای با حجم بالا و نیز فیلترهای رزرو لازم است. به دلیل حجم بالای گاز خروجی از ژنراتور و مشعل، عمر کوتاه فیلترهای مربوطه و از طرفی تعدد آن‌ها، این روش برای بازه‌های کوتاه مناسب است.
۵. روش دیگر کاهش غلظت و یا همان رقیق سازی می‌باشد. در این روش گازهای خروجی ناشی احتراق ژنراتور و مشعل با مخلوطی از از هوای محیط با دمای پایین‌تر مخلوط شده و نهایتا به گاز با غلظت و دمای پایین‌تر خواهد رسید. میزان تزریق هوا به گازهای اگزوز باید آنقدر ادامه یابد که دما و غلظت

گازها به استاندارد محدوده محیط (برای بدترین شرایط کاری زمستان که توسط اشعه مادون قرمز مشاهده نگردد)، نزدیک گردد. پس از آن باید حجم هوای مربوطه به مکانی دوردست انتقال و تخلیه شود.

۶. یکی دیگر از روش‌های عدم شناسایی توسط سنجنده‌ها، خنک‌کاری سیستم تولید حرارت توسط آب می‌باشد که به این کار اگزوز تر گویند. در این روش آب از کانال تخلیه عبور کرده و سبب خنک‌کاری گازهای حاصل از احتراق می‌شود.

۷. از دیگر روش‌های عدم شناسایی دود اگزاست، استفاده از تانک‌های هیبریدی می‌باشد. تانک هیبریدی نازلی است واگرا و عمودی که گازهای خروجی از اگزوز از دهانه ابتدایی آن (به سمت کف زمین) به آن وارد و پس از خنک سازی و کاهش غلظت با سرعتی مناسب به محیط انتقال خواهد یافت. در این روش گاز پس از ورود به محفظه اصلی توسط پاشش آب به وسیله اسپرینکلرهایی که در طبقات مختلف قرار گرفته‌اند، خنک شده و غلظت آن نیز کاسته می‌شود. هرچه دمای آب کمتر باشد؛ زمان و شدت خنک شدن گاز نیز سریع‌تر می‌باشد. معمولا سیستم تانک‌های هیبریدی را به دو محفظه مستقل تقسیم می‌نمایند. در محفظه اول گازهای حاصل از احتراق توسط فن‌های محوری مستقر در ناحیه واگرای نازل به محیط درونی مکش و پس از خنک‌کاری تا دمای T_1 و غلظت C_1 به تانک دوم برای کاهش مجدد دما تا نزدیکی دمای محیط انتقال می‌یابند. این تانک‌ها قادرند دمای گازهای ناشی از احتراق را از ۶۰۰ °C به ۱۵۰ °C در مرحله اول کاهش داده و سپس آن را از ۱۵۰ °C تا ۳۵ °C خنک نماید. ضمنا در طی عملیات خنک کاری از غلظت گاز به شدت کاسته می‌شود. پس از خنک کاری و کاهش غلظت گاز باید آن را به دلیل حجم بالا (دبی حجمی بالا) توسط کانال‌های هوا از محیط دور ساخت.

۸. جهت پیش‌گرمایش هوای تازه ورودی به سیستم تهویه مطبوع بیمارستان امن مدفون از گرمای کانال تخلیه می‌توان از مبدل‌های صفحه‌ای هوا به هوا استفاده کرد. این روش علاوه بر استفاده از مهندسی پدافند غیرعامل جهت استتار هر چه بیشتر گازهای خروجی بیمارستان زیرزمینی، باعث بهینه‌سازی و صرفه جویی در مصرف انرژی نیز می‌شود.

۹. اگر بیمارستان امن زیرزمینی در مناطقی ساخته شود که بتوان از گرمای درون زمین استفاده کرد، می‌توان با استفاده از پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی، گرمایش و سرمایش سیستم تهویه بیمارستان را

انجام داد که در این روش همان طور که پیداست، سیستم مشعل و بویلر و حتی چیلر حذف می‌شوند.

۱۰. در طراحی کانال‌های خروجی باید سنسور اندازه‌گیری و هشداری گرما و غلظت گازهای خروجی بکار برده شود تا دما و غلظت گازهای خروجی از حد مجاز تعریف شده بالاتر نرود.

ارسال هوای سالم:

۱. وظیفه سیستم تهویه، تهیه هوای مورد نیاز جهت تامین اکسیژن مصرفی افراد و تجهیزات بیمارستان و همچنین رقیق نمودن و کاهش آلودگی‌های تولید شده در سازه تا حد مجاز می باشد. بنابراین در شرایط بحران که نتوان به هر طریقی از هوای تازه ورووردی از بیرون استفاده کرد، علاوه بر ذخیره کردن هوای تازه در کپسول‌های اکسیژن می‌توان از سیستم‌های اکسیژن‌ساز نیز بهره برد که در صورت اتمام کپسول‌های اکسیژن، از سیستم اکسیژن‌ساز به عنوان هوای تازه برای افراد داخل بیمارستان زیرزمینی استفاده کرد.

۲. به منظور حفظ کارایی و تداوم عملکرد در مواقع بحران، نگهداری کپسول‌های هوای فشرده یا اکسیژن فشرده در یک محل امن در داخل بیمارستان لازم است. محل نگه‌داری و دمای نگه‌داری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۳. در بیمارستان زیرزمینی ایمن، مدت زمان قابلیت قطع ارتباط بیمارستان با هوای بیرون ۴ روز می‌باشد و در این مدت اقدامات و پیش‌بینی‌های لازم برای ذخیره اکسیژن، آب و مواد غذایی در بیمارستان تعبیه شده است.

۴. حداکثر دی اکسید کربن موجود در هوا می‌بایست کمتر از ۱٪ باشد. به وسیله لوازم اندازه‌گیری و کنترل و هشدار، غلظت دی اکسید کربن و گازهای دیگر، از حد مجاز برای تنفس افراد داخل بیمارستان بالاتر نرود.

۵. لازم به ذکر است که در بدو ورود هوای تازه از بیرون، باید این هوا از نظر کیفیت سلامت در مورد گازهای میکروبی و شیمیایی و ... توسط حسگرهای اندازه‌گیری و هشدار دهنده مورد ارزیابی قرار گیرد بدین وسیله اولا افراد را از سالم و یا غیر سالم بودن هوای بیرون مطلع کند و دوما در صورت غیر سالم بودن هوای تازه از ورود مستقیم آن جلوگیری کند تا بعد از عبور از فیلترهای مخصوص شرایط بحران شیمیایی و میکروبی و فیلترهای دیگر وارد چرخه هوارسانی شود.

۶. حداقل مقدار هوای تازه‌ای که توسط تجهیزات استاندار تعویض هوا و تهویه مطبوع در نظر گرفته شده، باید ۶ متر مکعب در ساعت باشد. برای گرم شدن سریع فضای بیمارستان زیرزمینی می‌توان مقدار هوای تازه را تا ۳ مترمکعب در ساعت برای هر نفر کاهش داد.

۷. لازم به ذکر است که اکسیژن مورد نیاز جهت عملیات احتراق در مشعل‌ها و ژنراتورها نیز باید جداگانه تامین شود و ارتباطی با اکسیژن مورد نیاز افراد داخل بیمارستان امن مدفون نداشته باشد.

۸. طراحی سرعت هوا برای تمام مکان‌ها به طور میانگین ۵۰ $\frac{ft}{min}$ می‌بایست باشد.

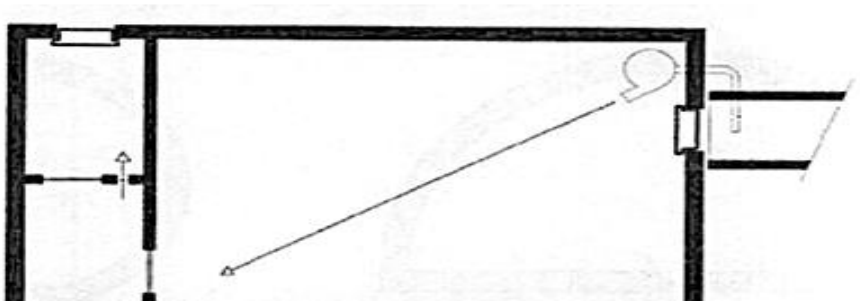
۹. در ورودی کانال‌های هوارسانی از محیط خارج ساختمان اجرای حداقل ۳ خم ۹۰ یا ۴۵ درجه جهت کاهش نفوذ فشار ناشی از موج انفجار به داخل توصیه می‌گردد.

۱۰. توصیه می‌شود کانال ورودی هوا در بدنه بازشوی راهرو فرار و یا خروجی‌های اضطراری قرار داده شود.

۱۱. دریچه‌های ورود هوای تازه یا تخلیه هوای آلوده باید به گونه‌ای نصب گردد که در صورت لزوم بتوان سرعت آن‌ها را مسدود کرد.

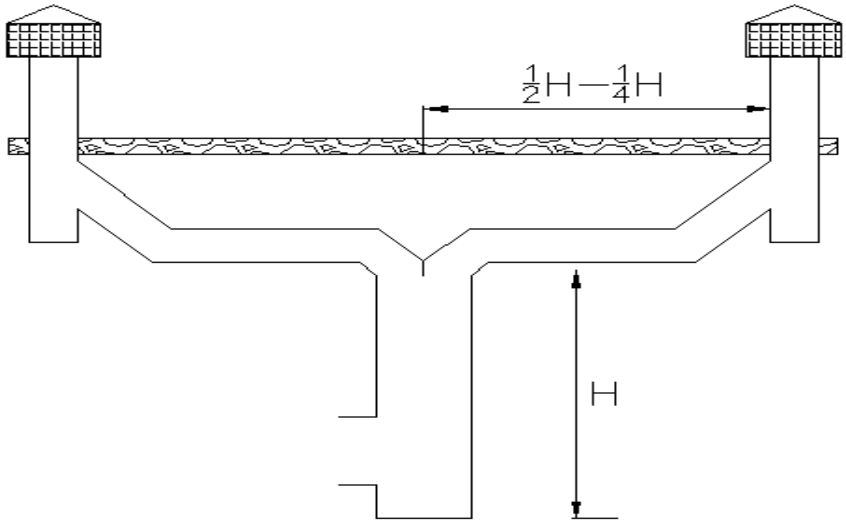
۱۲. کانال هوای تازه باید از خطر مسدود شدن در اثر آوار به دور باشد. لذا باید ورودی هوای تازه در نقطه‌ای خارج از محدوده آوار قرارگرفته یا به طریق مناسبی از خطر مسدود شدن محافظت شود. در تهویه عمودی از طریق سقف، احتمال ورود ترکش‌های ناشی از انفجار به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. در هر صورت محل باز شدن کانال های تهویه به بیرون از بیمارستان زیرزمینی جهت جلوگیری از ورود ترکش، باید مجهز به درپوش مقاوم باشد.

۱۳. تامین هوای تازه باید از نقطه‌ای صورت گیرد که حداقل ۳ متر فاصله افقی و ۲ متر فاصله عمودی از هوای اگزاست داشته باشد، تا هوای اگزاست میانبر نشده و مجددا به بیمارستان وارد نشود. برای این کار پیشنهاد می‌شود تمام خروجی‌ها (ونت فاضلاب، دودکش‌ها، اگزاست سرویس‌ها و آشپزخانه، هوای اگزاست اتاق عمل و ...) از یک ضلع ساختمان و ورود هوای تازه از ضلع مقابل آن صورت گیرد. در ضمن جهت باد غالب منطقه در جانمایی کانال ورود هوای تازه در نظر گرفته شود. همانطور که در شکل نشان داده شده فن هوای تازه باید حداکثر فاصله از ورودی اصلی و اتاق هوابند که خروجی هوا است، را داشته باشد.



شکل: حداکثر فاصله بین کانال هوای تازه و اگزاست

۱۴. به منظور رعایت اصل پراکندگی باید تعدادی دهانه جهت ورود هوای تازه (حداقل دو دهانه) با فاصله مناسب از یکدیگر در نظر گرفته شده و آنها دقیقا روی شفت اصلی ورود هوای تازه قرار نگیرند (شکل ۵- ۳). در زیر هر یک از شفت‌ها انباره در نظر گرفته شود تا در صورت پرتاب شیء خارجی با داخل ، وارد شفت اصلی نگردد. ضمنا زانویی و سه راه‌ها ۴۵ درجه در نظر گرفته شوند تا خروج هوای آلوده به سادگی میسر گردد.



شکل : نحوه ارتباط کانال هوای ورودی و نیز اگزاست با فضای خارج

۱۵. دریچه ورود هوای تازه بیمارستان حداقل سه متر از سطح زمین ارتفاع داشته باشد تا از ورود سیلاب ناشی از آب‌های سطحی به داخل کانال هوای تازه جلوگیری نماید. در ضمن از آن جا که عوامل شیمیایی، بیولوژیکی و هسته‌ای معمولا سنگین‌تر از هوا می‌باشند غلظت و تراکم آن ها در نزدیکی سطح زمین بیشتر بوده به این دلیل نیز باید کانال مکش سیستم تهویه در ارتفاع بالاتر از سطح زمین به فضای بیرون باز شود.

۱۶. دریچه ورود هوای تازه بایستی مجهز به حفاظ فیزیکی، فیلترهای آلومینیومی و پارچه ای و انباره در ورودی باشد.

۱۷. به جهت رعایت اختفاء، دهانه های ورود و خروج هوا با پوشش محیط اطراف همسان‌سازی گردند. به عنوان مثال تحت پوشش آلاچیق، پست برق، پارکینگ یا ... قرار گیرند.

۱۸. کانال‌های هوای تازه باید با درپوش‌هایی (دمپرهای خاص ضدفشار به نام Blast Damper) جهت جلوگیری از ورود موج انفجار در بیرون مجهز شود و محل بازشوی این کانال‌ها به فضای بیمارستان زیرزمینی نیز باید دریچه‌ی ثانویه در نظر گرفته شود که در هنگام تهدیدهای غیرمتعارف توسط ساکنین بسته شده و از ورود هوای آلوده به داخل جلوگیری شود.

۱۹. کانال‌های انتقال هوا باید کاملا عایق باشد تا از نشت هوای فیلتر شده به خارج و همچنین از نشت سیالات خارجی به داخل کانال جلوگیری شود.

۲۰. برنامه‌ای برای پاکسازی دوره‌ای کانال‌های انتقال هوا در نظر گرفته شود.

۲۱. کانال ورودی هوا باید در امتداد دیوار و زیر سقف اجرا نمود.

۲۲. به جهت اینکه در شرایط بحران امکان قطعی برق زیاد است در مناطق بادخیز می‌توان از فن‌های بادی برای تهویه غیر مکانیکی و طبیعی نیز استفاده کرد.

۲۳. در ساختمان از حداقل قطر مورد نیاز برای تونل، کانال‌های هوا و فیلترها استفاده گردد.

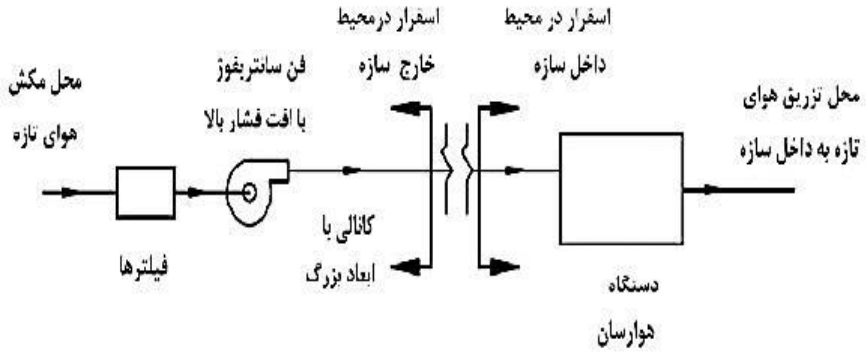
۲۴. جهت محفوظ ماندن از بمب‌های EMP بهتر است از کانال‌های پلیمری و یا فایبرگلاس جهت انتقال هوا استفاده کرد.

۲۵. شبکه‌های لوله‌کشی و کانال‌کشی در سیستم‌های تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع باید دارای قطعات انبساطی و اتصالات انعطاف‌پذیر(مانند برزنت) در محل نصب دستگاه‌ها و همچنین فصل مشترک لوله و کانال با دیوارها باشد تا خسارت ناشی از شوک حرکتی حاصل از انفجار به حداقل برسد.

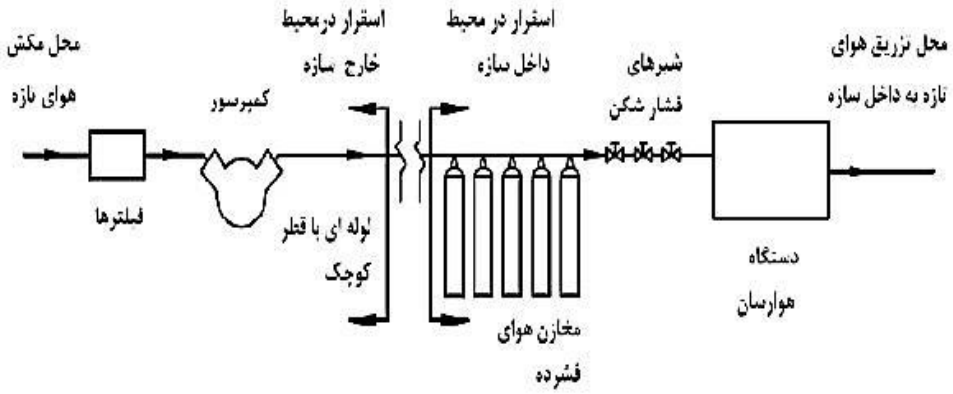
۲۶. ورودی هوای تازه سیستم تهویه مطبوع از سطح گذر و خیابان در نظر گرفته نشود. چرا که در صورت وقوع آتش سوزی ناشی از انفجار در خیابان ، دود ناشی از آن به درون سیستم مکیده شده و به تمام نقاط بیمارستان زیرزمینی انتقال می‌یابد.

۲۷. به جای هواکش (فن سانتریفیوژ) در ایستگاه‌های هوای تازه، می‌توان از کمپرسور استفاده نمود. در اینصورت هوای تازه به کمک لوله‌ای با قطر ناچیز در مقابل کانال هوای تازه، به بیمارستان امن مدفون

منتقل می‌شود. بایستی مجموعه‌ای از مخازن تحت فشار جهت ذخیره هوا در نظر گرفت که هوای فشرده از طریق لوله از کمپرسورها به این مخازن منتقل شده و سپس در خروجی این مخازن به کمک یک شیر انبساط، فشار هوا تا مقدار مورد نیاز جهت مصرف دستگاه‌های تهویه مطبوع کاسته شود. به منظور حداقل کردن فضای مورد نیاز برای قرار دادن مخازن ذخیره و بالاترین مقدار هوای ذخیره شده پیشنهاد می‌گردد فشار هوا در این مخازن ۲۰۰ بار باشد. شکل شماتیک هوارسانی با فن سانتریفیوژ و شکل ۵- ۵ شماتیک هوارسانی با کمپرسور هوا را نشان می‌دهد.



شکل: شماتیک هوارسانی با فن سانتریفیوژ



همانطور که قبلا ذکر گردید، قسمت اعظم تهویه مطبوع هوا بیمارستان زیرزمینی توسط سیستم لوله‌کشی و فن کویل و درصدی از بار توسط هواساز و کانال تامین می‌شود. در این روش هوای تازه برای هواساز توسط کمپرسور هوا تامین می‌شود. تنها نکته در این روش، محاسبات مربوط به فشرده‌سازی هوا و نحوه تعیین ابعاد لوله‌های انتقال هوای فشرده تا محل بیمارستان امن مدفون می-باشد، که در کاتالوگ سازندگان کمپرسورها ارائه شده است.

از مزایای این روش نسبت به روش فن سانتریفیوژ می‌توان موارد زیر را بیان نمود:

- در این روش جهت انتقال سیال هوا از یک لوله با ابعاد کم مثلا ۲ یا ۳ اینچ استفاده می‌شود که در این صورت هزینه‌های بالای احداث کانال عایق شده به مقدار خیلی زیادی کاهش خواهد یافت؛ زیرا هزینه اجرای لوله‌کشی و دفن آن در زیر زمین خیلی کمتر از احداث کانال عایق شده می‌باشد.
- نفوذ مستقیم نیروهای بیگانه از طریق کانال‌های هوادهی غیر ممکن می‌گردد.
- انتقال موج انفجار از طریق لوله‌هایی با سایز پایین به شدت کاهش می‌یابد و در صورت انتقال موج فشار، کنترل آن در یک لوله با سایز پایین خیلی ساده‌تر از کانالی با ابعاد چند برابر بزرگتر می‌باشد.
- در صورت بروز اختلال یا انهدام ایستگاه‌های تزریق هوای تازه می‌توان از هوای ذخیره شده در مخزن تحت فشار جهت تامین هوای تازه تا مدتی معین استفاده نمود.
- با جایگزین شدن لوله به جای کانال، مخاطرات ناشی از نشت هوای فیلتر شده و همچنین نفوذ هوا از خارج به داخل کانال هوای تازه از بین خواهد رفت.

۲۸. سیستم تهویه در حالت اضطراری با عبور هوا از روی فیلترهای طراحی شده برای حملات بیولوژیکی و شیمیایی می‌تواند هوای پاک و قابل استفاده برای بیماران را فراهم کند. علاوه بر فیلترهای جذب اثرات بمب‌های شیمیایی و بیولوژیکی، فیلترهای کارتریج برای جذب آلودگی‌ها و مواد معلق در هوا نیز در سیستم تهویه مطبوع بیمارستان امن مدفون در نظر گرفته می‌شود.

۲۹. سیستم تهویه مطبوع بیمارستان امن مدفون به گونه‌ای طراحی شود که با تغییر وضعیت از حالت عادی به حالت اضطراری در مواقع حملات دشمن در برابر حملات بیولوژیکی و شیمیایی به طور کامل آب‌بندی و مقاوم باشد، تا از ورود مواد آلاینده شیمیایی و میکروبی جلوگیری کند. موادی که برای آب‌بندی استفاده می‌گردد باید از هوا رطوبت‌پذیری نداشته باشند، در برابر مواد آلوده کننده، بدترین شرایط آب و هوایی و محیطی مقاوم باشند و نصب آسان داشته باشند.

۳۰. هوای ورودی به بیمارستان زیرزمینی، حتما باید از درون فیلترهای HEPA و ULPA که قبل از فن یا کمپرسور نصب شده اند، عبور داده شود و تمامی درزها و مسیرهای ممکن برای ورود هوای آلوده نیز مسدود شوند.

۳۱. در فیلتراسیون، فیلترهای با حجم بالا و نیز فیلترهای رزرو لازم است.

۳۲. فیلترها در محل نصب خود می‌بایست توسط مکانیزم استفاده از هوابند و گیره کاملا گازبند شوند.

۳۳. طراحی، نصب و نگه داری صحیح از سیستم پاک‌سازی هوا و فیلتراسیون می‌تواند اثرات حملات NBC را تا حد ممکن کاهش داده و یا کاملا از بین ببرد.

۳۴. در ورودی هوا قبل از ورود هوا به سیکل تهویه از سنسورهای مناسب می‌باست برای شناسایی آلودگی‌ها استفاده نمود. در صورت شناسایی آلودگی، سیستم تهویه باید از ورود هوای تازه به داخل تا حد ممکن جلوگیری نماید.

۳۵. به جهت حداکثر محافظت در برابر تهدیدهای متعارف، ایجاد فشار مثبت در بیمارستان زیرزمینی جهت جلوگیری از ورود هوای آلوده ضروری است.

۳۶. سیستم تهویه مطبوع باید در حالات اضطراری بطور اتوماتیک و تدریجی قطع و در صورت بروز آتش‌سوزی هواکش‌ها نیز قطع شوند. البته قطع سریع سیستم تهویه مطبوع در ساختمان ایجاد فشار منفی نموده و هوای آلوده خارج را بداخل ساختمان وارد می‌نماید. بدین منظور از دمپرهای کم نشت استفاده می‌گردد.

۳۷. لازم به ذکر است که کلیه راه‌پله‌ها باید فشار مثبت داشته باشند.

۳۸. در مورد پناهگاه‌های زیرزمینی یا بیمارستان‌های زیرزمینی باید در نظر داشت که اجزای سیستم کنترل هوای داخل این اماکن شامل ایرلاک[۲] یا محفظه هوابند در ورودی‌ها و خروجی‌های اضطراری، درب‌های هوابند، سوپاپ فشار و سوپاپ ضد انفجار می‌باشد. همچنین فشار داخل سازه باید نسبت به محیط خارج مثبت بوده تا نفوذ آلودگی احتمالی به درون سازه غیر ممکن باشد.

۳۹. به منظور افزایش ضریب اطمینان و رعایت جایگزینی و موازی‌سازی تجهیزات و شبکه‌های حساس تهویه، مناسب است از حداقل ۲ یا چند دستگاه هوارسان، تخلیه هوا و شبکه کانال‌کشی هوای مربوطه استفاده گردد تا قابلیت تامین هوای تازه و تخلیه هوای آلوده در شرایط بروز بحران و آسیب به بیمارستان فراهم گردد. در عین حال لازم است این دستگاه‌ها در فضاهای جدا از هم و با رعایت فاصله لازم نصب گردند. محل‌های مکش هوای تازه باید تا حد امکان دور از سازه امن مدفون واقع شوند.

تجهیزات موتورخانه و هواساز:

۱. سیستم تهویه مطبوع در شرایط بحرانی به صورت موازی با دو سوخت برق و مایع (گازوییل) کار می‌کند. همچنین با در نظر گرفتن اولویت سوخت، به گونه‌ای طراحی شوند که در مواقع بحرانی،

2 . Air Lock

سیستم تامین گرمایش، سرمایش و آب مصرفی بیمارستان زیرزمینی از طریق انرژی الکتریکی و در صورت قطع برق، از طریق سوخت مایع تغذیه شوند.

۲. لوله‌کشی گاز شهری برای موتورخانه و یا آشپزخانه در بیمارستان‌های امن زیرزمینی مجاز نیست.

۳. بیمارستان زیرزمینی باید به سیستم برق اضطراری به منظور تامین روشنایی، تعویض هوا، تامین گرمایش و سرمایش و آب گرم مصرفی مجهز باشد.

۴. سوخت مایع مصرفی موتورخانه باید در محلی امن و به دور از آسیب‌پذیری ذخیره شود. در هنگام ذخیره‌سازی انرژی باید به دستورالعمل‌های نگهداری سوخت کاملا توجه داشت و با رعایت آن‌ها از بروز خطرات احتمالی از قبیل آتش‌سوزی، نشت و جاری شدن مواد سوختی جلوگیری به عمل آورد.

۵. مخزن سوخت نباید در داخل بیمارستان زیرزمینی جایگیری شود ولی چنانچه مخزن سوخت به اجبار در داخل بیمارستان امن مدفون قرار بگیرد، این فضا باید محصور بوده و در محلی بسته و جداگانه با جدارهایی دست کم سه ساعت مقاوم در برابر آتش از بقیه فضاها جدا شده و درب ورودی به این اتاقک از نوع ضد آتش باشد. در ضمن اتاقک محل نصب مخزن نباید مستقیما به فضای کاری افراد راه داشته باشد.

۶. مخزن محصور سوخت باید مجهز به وسایل اندازه‌گیری مانند اندازه‌گیری سطح مایع، لوله‌های اتصال به پمپ سوخت و نیز لوله‌های تهویه هوا و انتقال مایع باشند.

۷. به طور کلی در طراحی مخازن ذخیره سوخت برای یک سازه امن مدفون که در زیر زمین قرار دارد، وجود بخش‌های زیر ضروری است:

- سیستم انتقال مناسب شامل پمپ‌ها، خطوط فشار، خطوط جذب، اتصالات و فیلترها، شیرها و لوله‌های انتقال
- مجرای دسترسی برای اندازه‌گیری میزان سوخت موجود در مخازن
- سیستم مانیتورینگ درون شبکه‌ای
- سیستم محافظ نگهداری مخزن ذخیره به همراه سیستم ضد خوردگی بدنه
- سیستم نشت یاب و هشداردهنده

۸. برای انتقال سوخت از منبع سوخت ذخیره به منبع سوخت روزانه علاوه بر پمپ برقی که به طور خودکار عمل می‌کند، باید امکان استفاده از پمپ دستی نیز وجود داشته باشد.

۹. فاصله مجاز بین دستگاه‌ها با سوخت مایع و با مواد سوختنی رعایت شود.

۱۰. اگر دستگاه لرزش داشته باشد، دستگاه و تکیه‌گاه آن باید با استفاده از قطعات مهارکننده ارتعاش کاملا در محل نصب، مستقر و محکم گردند.

۱۱. باید الزامات پدافندی برای خطر سیل و زلزله برای تجهیزات تهویه نصب شده در موتورخانه بیمارستان امن مدفون در نظر گرفته شود.

۱۲. اگر تجهیزاتی در معرض باد نصب می‌شوند (دریچه‌های ورودی هوای تازه و تخلیه هوا) باید به کمک بست‌ها و تکیه‌گاه‌های مناسب در برابر فشار باد مقاوم شوند.

۱۳. مقاوم‌سازی لرزه‌ای اجزای تاسیسات مکانیکی بیمارستان به‌طور کلی شامل طراحی و محاسبات بست‌ها و تکیه‌گاه‌ها از لحاظ اتصال به سازه‌های ساختمان بیمارستان می‌شود و به دو گروه اتصال به سقف و اتصال به کف یا دیوار تقسیم می‌شود. با توجه به این نکته که در زمان لرزش رفتار سقف با رفتار کف یا دیوار متفاوت است، ادامه لوله یا کانال که به کف یا دیوار متصل می‌شود در صورت اتصال به سقف نیازمند مفصل است.

۱۴. به منظور کاهش خطرات ناشی از شوک حرارتی حاصل از انفجار (پیامدهای انفجار) و سقوط و جابجایی منابع حجیم از جمله منابع آبگرمکن کویلی، مخازن ذخیره سوخت و آب، مخازن ذخیره هوای فشرده و غیره، حتی المقدور نوع اسقرار آن‌ها به صورت افقی[3] روی سطح کف موتورخانه توصیه می‌گردد

۱۵. برای ایمنی بیشتر موتورخانه باید دارای دو درب با فاصله مناسب از یکدیگر باشند.

۱۶. در محل‌های درز انبساط ساختمان از لوپ انبساط و یا لرزه‌گیر استفاده گردد.

۱۷. علاوه بر تاثیر موج انفجار و حرارت بر تاسیسات مکانیکی، ترکش‌ها و آوار ناشی از انفجار سبب مسدود شدن دهانه‌های ورودی تاسیسات می‌گردد، بنابراین تاسیسات ساختمانی باید در مکان‌هایی تعبیه شوند که در درجه اول آسیب نبینند و در صورت آسیب‌دیدگی قابل مرمت باشند و در نهایت نیز بر اثر آسیب‌دیدگی و تخریب تاسیسات هیچگونه تلفات جانی اضافه‌ای به وجود نیاید.

۱۸. برج‌های خنک‌کن باید در موقعیت‌های جدا از هم و با رعایت قوانین پدافند غیرعامل استتار شوند؛ ضمنا با نصب سنسور در برج خنک‌کننده می‌توان در صورت آسیب دیدن یک برج خنک‌کننده، جریان

---

[3] - Horizontal

دبی آب ورودی به برج به صورت هوشمند قطع شود و برج‌های دیگر به فعالیت خود ادامه دهند تا کار تهویه بیمارستان مختل نشود.

۱۹. پمپ‌ها در موقعیت‌های مختلف نصب شوند تا در صورت آسیب دیدن یک قسمت تهویه بقیه بیمارستان قطع نشود.

۲۰. به منظور کاهش آسیب‌پذیری و عملکرد بهتر از پمپ‌های سانتریفیوژ استفاده شود.

۲۱. از چیلرهای جذبی به صورت موازی و نصب شده در دو موقعیت مجزا جهت آسیب‌پذیری کمتر و مصرف انرژی و صدای کمتر استفاده شود. همچنین تغذیه چیلر جذبی از طریق سوخت مایع و برق به صورت موازی در مواقع بحرانی استفاده گردد.

۲۲. حتی‌المقدور از بکارگیری سیستم‌های با احتمال نشت بالا یا سیستم تبریدی دارای کویل مستقیم خودداری گردد. در صورتی که سیستم‌های با احتمال نشت بالا یا سیستم‌های تبریدی دارای کویل مستقیم بکار گرفته شوند، باید زمانی که احتمال بروز خطر در آن زیاد است، گاز و مواد مبرد داخل سیستم‌های یاد شده از طریق شیرهای تخلیه به بیرون هدایت شوند.

۲۳. تجهیزات تهویه و تعویض هوا باید در مواقع اقامت طولانی در بیمارستان درجه‌های حرارت و رطوبت را تا حد قابل تحمل حفظ نماید.

۲۴. تجهیزات تهویه و تعویض هوا باید در مقابل آثار سلاح‌ها از قبیل فشار، ضربه موج، لرزش، آوار و ترکش محافظت شوند.

۲۵. برای اطمینان از سلامت و کارایی دستگاه‌های تهویه مطبوع ، راه‌اندازی متناوب آن‌ها لازم است.

۲۶. طراحی و انتخاب تجهیزات تهویه و تعویض هوا باید براساس استانداردها و مدارک فنی معتبر باشد.

۲۷. محل دستگاه تهویه و تعویض هوا باید به روشنایی اضطراری برای ایجاد حداقل روشنایی مجهز باشد.

۲۸. دستگاه تهویه هوا باید به سیم‌کشی معمولی خانه با ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل شود.

۲۹. در صورت قطع برق، دستگاه‌های تعویض و تهویه هوا باید قابلیت راه‌اندازی و کار به صورت دستی را داشته باشند. در این صورت باید میزان افزایش مصرف اکسیژن و تولید دی اکسید کربن نفر یا نفرات فعال اپراتور این دستگاه‌ها در محاسبات اولیه ظرفیت و تعداد دستگاه‌های هوارسان مدنظر قرار گیرد.

۳۰. در صورتی که امکان تعبیه دستگاه تهویه، داخل یکی از فضاهای بیمارستان نباشد باید آن را در نزدیک‌ترین مکان نسبت به کانال ورودی نصب نمود.

۳۱. به منظور صرفه جویی در زمان و مکان و انرژی، بیمارستان زیرزمینی در کنار یک بیمارستان عادی روی زمین ساخته شود تا از تاسیسات بیمارستان عادی روی زمین استفاده شود و یک تاسیسات یدکی نیز برای بیمارستان زیرزمینی موجود باشد تا در صورت تخریب و ناکارایی تاسیسات بیمارستان عادی، از تاسیسات یدکی استفاده گردد.

۳۲. جهت اقتصادی شدن طراحی تاسیسات بیمارستان، کاهش فاصله مرکز تولید انرژی (موتورخانه مرکزی) تا نقاط مصرف در صورت حفظ اصول پدافند غیرعامل ، از اهمیت به‌سزایی برخوردار بوده و موجب کاهش اتلاف انرژی در طی مسیر می‌شود. البته راهکار دیگر در جهت کاهش اتلاف انرژی از کانال‌ها، انتخاب نزدیک‌ترین فاصله مجاز محل دستگاه هوارسان تا فضای مورد نظر است. در ضمن در فصل‌های بینابینی برای صرفه‌جویی انرژی مولدهای نیرو ممکن است خاموش باشند، غالبا می‌توان با سیستم هوارسانی و استفاده از هوای خارج شرایط هوای داخل را به شرایط مورد نیاز هر کدام از فضاهای داخلی نزدیک کرد.

قرار گرفتن در دید دشمن:

در این قسمت می‌توان از ترفندهای مختلف اصول پدافند غیرعامل از قبیل فریب، استتار، پوشش و ... استفاده کرد. مثلا برج خنک‌کن و کندانسورها در قالب یک سوله فرعی خالی جایگیری کرد تا این تجهیزات از دید مستقیم دشمن در امان باشند. کانال‌های ورود و خروج هوای بیمارستان هم همانطور که قبلا ذکر گردید می‌توان تحت پوشش آلاچیق، پسپ برق و... قرار گیرند. هندسه این تجهیزات به صورتی ساخته و قرارگیری شوند که همانند قلوه سنگ‌های اطراف یا پستی و بلندی محیط اطراف به نظر آیند.

صدای کارکرد تجهیزات موتورخانه:

کنترل صدای نامطلوب تولیدی از بیمارستان نیز از راه‌های عدم شناسایی بیمارستان امن مدفون است. در این بین، مکنده‌های تخلیه هوای فضاهای آلوده و کثیف، قسمت قابل توجهی از صداهای نامطلوب را تولید می‌کند. به منظور کاهش سطح صداهای نامطلوب روش‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

- با توجه به سطح صدای نامطلوب، انتخاب صحیح مکنده هوا و نقطه کارکرد بسیار حائز اهمیت است.
- این مکنده‌ها باید در محلی نصب شوند که صدای آن‌ها باعث سلب آسایش بیماران و کارکنان در بیمارستان نشود.
- همچنین با عایق‌کاری سطوح داخلی کانال‌های هوا و استفاده از لرزه‌گیر در هنگام نصب دستگاه‌ها می‌توان از پخش صدا به بیرون بیمارستان جلوگیری کرد.

تذکر: در صورت استفاده از عایق صدا در سطوح داخلی کانال‌ها، باید به منظور جلوگیری از خطر انتقال ذرات عایق از طریق هوا به داخل فضاهای بخش، پیش‌بینی‌های لازم صورت پذیرد تا سطح داخلی این عایق‌ها مستقیما با هوا تماس نداشته باشند.

تاسیسات بهداشتی

در این قسمت به ملاحظات تاسیسات بهداشتی در نقاط آسیب‌پذیر می‌پردازیم.

لوله‌کشی آب گرم و سرد:

۱. نصب اتصالات قابل انعطاف، لرزه‌گیرها یا شلنگ‌های خرطومی در مسیر عبور لوله‌های آبرسانی و خصوصا در محل فصل مشترک تقاطع لوله‌ها با دیوارها لازم است.
۲. به دلایل فنی و با در نظر گرفتن مزایای لوله‌های پلی اتیلن مانند سهولت تولید و تهیه لوله در فشار کارهای مورد نیاز، به همراه سرعت و تجربه زیاد اجرا در داخل کشور توصیه می‌شود از لوله‌های پلیمری پلی اتیلن (PE) مورد تایید مبحث ۱۶ تاسیسات بهداشتی ساختمان در اقطار پایین برای کاهش خسارات ناشی از شوک حرکتی سازه و ارتعاشات وارده به لوله‌ها در اثر پیامدهای انفجاری به جای لوله‌های چدنی و فولادی استفاده شود. در اقطار بالای ۲۵۰ میلیمتر با فشار کار ۱۰ اتمسفر، استفاده از لوله‌های فایبرگلاس (GPR) مقرون به صرفه است.

۳. اگر لوله از داخل محیط یا مصالح خورنده‌ای که ممکن است بر سطح خارج لوله اثر خوردگی داشته باشد، عبور کند باید سطح خارجی لوله در برابر خوردگی با ادود و روکش‌های مقاوم در برابر خوردگی حفاظت شود.

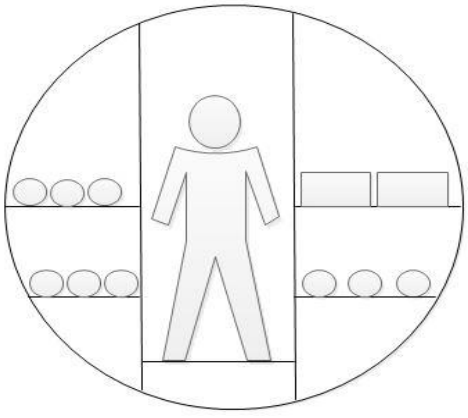
۴. نصب شیرهای قطع سریع در محل‌های قابل دسترس برای تغذیه شبکه و همچنین انسداد شبکه در مناطق آسیب‌دیده برای استفاده در شرایط اضطراری الزامی است. محل نصب شیرهای قطع و وصل در ورودی لوله‌های اصلی آب سرد و گرم به بخش‌ها می‌باشد.

۵. لازم به ذکر است که لوله کشی به صورت آویز از سقف در پناهگاه‌ها و بیمارستان‌های زیرزمینی ممنوع است.

۶. لوله‌کشی آب و فاضلاب در بیمارستان زیرزمینی حتی‌المقدور با حداقل طول مسیری که قابل انجام است صورت گیرد.

۷. لوله‌های آب سرد و گرم مصرفی بهتر است از یک نقطه وارد بخش‌ها شوند و تا نقاط مصرف ادامه یابند.

۸. برای محافظت لوله‌ها و کانال‌ها از حملات دشمن و نیز تعمیر و تعویض دوره‌ای می‌توان آن‌ها را از داخل داکت دایره‌ای محکم عبور داد به طوری که دسترسی به آن‌ها به آسانی صورت گیرد. شکل ۵-۶ داکت دایره‌ای مقاوم را به خوبی نشان می‌دهد.



شکل: عبور لوله‌ها و کانال‌ها از داکت دایره‌ای شکل

مخازن ذخیره آب:

۱. به منظور ادامه فعالیت در بیمارستان زیرزمینی، ساخت منبع ذخیره آب مصرفی براساس تعداد نفرات و شرایط خاص بهره‌برداری در شرایط پس از بحران و احتمال قطع شبکه آب شهری لازم است.
۲. این منابع باید در نقاط امن و به صورت مستحکم در زیر زمین یا محوطه اطراف بیمارستان اجرا گردند.
۳. میزان ذخیره آب آشامیدنی مورد نیاز در یک بیمارستان زیرزمینی به تعداد نفرات و مدت زمان ذخیره‌سازی، بستگی دارد. ولی به طور کلی بر مبنای استاندارد صلیب سرخ جهانی حداقل ذخیره آب مورد نیاز برای هر نفر در یک روز معادل ۱۹ لیتر در نظر گرفته می‌شود که ۲/۵ لیتر این آب برای استفاده جهت آشامیدن و تهیه غذا، موارد اضطراری و بقیه جهت نظافت قابل استفاده می‌باشد. جهت تامین آب بیمارستان به جهت اصول پدافند غیر عامل بایستی علاوه بر آب شهر، از منبع های بتونی یا گالوانیزه دفنی و بسته‌های آب معدنی آشامیدنی نیز به عنوان ذخیره استفاده شود.
۴. جهت حفظ کیفیت آب و رعایت مسائل بهداشتی، برنامه ای جهت بازبینی و تعویض آب آشامیدنی مورد نیاز است که با در نظر گرفتن تاریخ انقضای آب آشامیدنی بسته بندی شده می‌بایست نسبت به جایگزینی آنها اقدام شود. منبع‌های ذخیره آب نیز باید حاوی مقادیر مشخص کلرین بوده و سطح کلرین آنها در بازدیدهای دوره‌ای مورد آزمایش قرار گیرد.
۵. اصولا آب سازه‌های زیرزمینی از طریق استخرهای بزرگ یا حوضچه‌های کوچک صحیح نمی‌باشد و باید توسط مخازن سرپوشیده که در بالا ذکر شد، تامین شود.
۶. محدوده حریم مخزن آب ذخیره باید توسط نگهبان به وسیله مانیتورینگ و دوربین مدار بسته و آژیر خطر تحت مراقب ویژه قرار گیرد.
۷. مخازن آب هم در سطح اجرا می‌شوند باید استتار شوند چرا که حجم مخزن معرف میزان مصرف آب و مشخص کننده تعداد نفرات فعال در سازه امن مدفون می‌باشد.

تامین آب از چاه:

جهت تامین آب بیمارستان زیرزمینی چنانچه از چاه استفاده گردد، موتوخانه چاه باید کاملا دفنی اجرا گردیده و توسط مصالح اطراف به صورت کامل استتار گردد. در ضمن جهت تامین انرژی برق پمپ‌های چاه از طریق کابل انجام گرفته و آن نیز در داخل زمین دفن گردد. جهت دستور به پمپ‌ها جهت خاموش و روشن شدن می‌توان از فلوترهای مخصوص استفاده گردد.

تجهیزات آبرسانی از جمله پمپ‌ها:

لازم است پمپ‌ها ضمن داشتن تجهیزات یدکی و یا تعداد جایگزین و آماده بکار (رزرو) جهت استفاده از برق اضطراری در مواقع لزوم تجهیز شوند.

تاسیسات دفع فاضلاب عمومی و عفونی

تاسیسات دفع فاضلاب عمومی و عفونی بیمارستان از قسمت‌های مهم در طراحی تاسیسات مکانیکی بیمارستان امن زیرزمینی می‌باشد که الزامات کلی پدافند غیرعامل این تاسیسات به شرح زیر است:

تجهیزات فاضلاب عفونی و عمومی:

۱. سیستم امحای زباله‌های عفونی برای بیمارستان الزامی است.
۲. جنس لوله‌های پیشنهادی برای شبکه فاضلاب به صورت پلاستیکی و از نوع UPVC توصیه می‌گردد.
۳. نصب کانال‌های ورودی هوا باید به گونه‌ای باشد که هوای مصرف‌شده بیمارستان و سایر آلاینده‌ها (گازها، بوی ناشی از فاضلاب، سوخت و زباله) توسط آن‌ها به داخل مکیده نشوند.
۴. مخلوط کردن فاضلاب عمومی و عفونی به هیچ عنوان مجاز نیست. با توجه به حجم نسبتا کم فاضلاب آلوده، باید فاضلاب عفونی پس از ضدعفونی شدن با بخار یا حرارت المنت، در مخازن دربسته چرخ دار یا قابل حمل به خارج از سازه منتقل شده و مخزن جدید جایگزین گردد.
۵. لوله هواکش در سیستم لوله‌کشی فاضلاب نیازی به تعبیه سوپاپ ضدانفجار ندارد.
۶. در صورتی که هیچ راه دیگری برای اجتناب از عبور لوله‌های فاضلاب از درون بیمارستان زیرزمینی وجود نداشته باشد می‌توان آن‌ها را با رعایت موارد زیر از داخل بیمارستان عبور داد.

الف) لوله‌های عمودی فاضلاب باید داخل دیوار بتنی و در صورت امکان داخل دیوارهای جداکننده قرار داده شوند.

ب) چنانچه این لوله‌ها در دیوارهای خارجی بیمارستان قرار گیرند باید این دیوارها را با توجه به ضخامت قطر لوله تقویت کرد.

تصفیه‌خانه و یا استفاده از چاه جذبی برای فاضلاب بیمارستانی:

۱. سیستم دفع فاضلاب بیمارستان زیرزمینی باید قابلیت نگه‌داری، تصفیه یا دفع فاضلاب متناسب با ظرفیت طراحی بیمارستان را داشته باشد. نکته مهمی که باید در طراحی سیستم دفع فاضلاب بیمارستان مورد توجه قرار گیرد آن است که در صورتی که از روش نگهداری یا تصفیه فاضلاب در طراحی سیستم فاضلاب استفاده می‌شود مخزن ذخیره فاضلاب باید در سطح پایین‌تری نسبت به کف بیمارستان نصب گردد تا در صورت آسیب دیدن این سیستم در زمان بحران امکان پس زدن و نشت فاضلاب به فضای بیمارستان وجود نداشته باشد. با توجه به سیستم‌های رایج در ایران ، استفاده از چاه جذبی در صورت مناسب بودن خاک و در غیر صورت استفاده از سپتیک تانک ، در فاصله مناسبی از فونداسیون بیمارستان می تواند در طراحی مورد توجه قرار گیرد.

۲. راهکار اجرائی برای مشکلات استفاده از چاه جذبی استفاده از پکیج تصفیه فاضلاب بی هوازی (ایمهاف تانک) می‌باشد. اجزاء داخلی ایمهاف تانک در شکل ۷- ۵ نشان داده شده است. این پکیج از بتون مسلح ضد سولفات با پوشش داخلی یک لایه رنگ آمیزی پرایمر و پوشش خارجی یک لایه پرایمر و یک لایه LA4 ساخته شده است. برحسب نیاز محیط می توان در محل مونتاژ نمود یا در کارخانه تولید و به محل حمل و نصب نمود. این پکیج‌ها تا جمعیت سرانه ۵۰ نفر به صورت استوانه‌ای شکل ساخته شده و در زمین حفر شده، نصب می‌گردند و برای جمعیت‌های بیشتر امکان نصب موازی این پکیج‌ها وجود دارد. از محاسن این پکیج‌ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- خروج آسان پساب تصفیه شده فاضلاب توسط پمپ به خارج سازه
- عدم نیاز به سرویس و نگهداری مداوم (بسته به مصرف هر ۱۰ الی ۱۵ سال یک بار لجن فعال آن تخیه و سیستم مجددا آماده کار می‌شود)
- عدم نیاز به ونت
- بدون بو
- در مواقعی که روش ثقلی دفع فاضلاب به جز در قسمت سرویس‌های بهداشتی به دلیل داشتن شیب کم امکان پذیر نمی‌باشد.

پکیج تصفیه فاضلاب بی هوازی(ایمهاف تانک):

با توجه به مزایای ایمهاف تانک که در ذیل به آن اشاره می‌شود؛ پیشنهاد می‌شود، در بیمارستان‌های زیرزمینی جهت دفع فاضلاب عمومی از پکیج تصفیه فاضلاب بی‌هوازی یا ایمهاف تانک که در شکل (۵- ۷) بطور شماتیک نشان داده شده است، استفاده شود.

۱- در سپتیک تانک‌های معمولی تصفیه فاضلاب به‌صورت هوازی انجام می‌گیرد و نیاز به لوله ونت دارد در صورتیکه ایمهاف تانک نیازی به ونت ندارد.

۲- سپتیک‌های معمولی در مدت زمان کوتاه پرشده و نیاز به تخلیه لجن دارد در صورتی که لجن ته‌نشین شده در ایمهاف تانک را هر ۳ الی ۵ سال تخلیه می‌نمایند.

۳- با توجه به پیش ساخته بودن ایمهاف تانک نصب و راه اندازی آن نسبت به ساخت سپتیک معمولی کوتاه‌تر می‌باشد.