تهویه صنعتی

انجمن بهداشت حرفه ای ایران
Www.OccupationalHealth.IR

اهمیت هوای پاک در محیط‌های کار صنعتی به خوبی شناخته شده است. در صنعت امروزی با فرآیندهای پیچیده از ترکیبات و موادشیمیایی متعدد و رو به افزایشی استفاده می‌شود که تعداد زیادی از آن‌ها دارای سمیت بالایی هستند. استفاده از این مواد سمی ممکن است منجر به تولید گازها، ذرات، بخارات، و یا میست‌هایی در محیط کار گردد و مقدار آن‌ها از حد مجاز فراتر رود. علاوه بر این مواد آلاینده، نقش گرما نیز ممکن است در محیط کاری سبب عدم آسایش و ناایمن شدن محیط کاری گردد. چنانچه حفاظت کارگران ضروری باشد، طراحی موثر و مفید تهویه می‌تواند راه حل مشکلات فوق باشد. از تهویه ممکن است در کنترل بو، رطوبت و سایر شرایط ناخواسته محیطی نیز استفاده نمود.

در این فصل از کتاب سعی خود را بر این قرار داده‌ایم که بتوانیم تعریفی کلی از تهویه و طراحی یک سیستم تهویه داشته باشیم تا بتوانیم دید بازی در این زمینه به خواننده خود ارائه دهیم.

۵–۱ مفاهیم و تعاریف در تهویه[۱]

- **آئروسول**: ترکیبی از ذرات جامد یا مایع معلق در هوا. قطر این ذرات ممکن است ۰/۱ تا ۱۰۰ میکرون (میکرومتر) و یا حتی کمتر از آن تغییر نماید مانند گرد و غبار، مه و دود.
- **افت ورودی**: افت ناشی از ورود هوا بداخل کانال و یا هود
- **اینچ آب**: فشار معادل ارتفاع یک اینچ آب
- **تمیزکنندهٔ هوا**: وسیله‌ای برای زدودن آلاینده‌ها از هوای آلوده که شامل فیلترها، شستشودهنده‌های هوا، جداکننده‌های الکترواستاتیکی و غیره می‌شود.
- **توان ایده‌آل**: توان نظری (تئوریک) مورد نیاز یک هواکش در صورتیکه هیچ گونه افتی در آن نباشد و یا بعبارتی کارآیی آن ۱۰۰٪ باشد.
- **توان واقعی**: توان حقیقی مورد نیاز یک هواکش که خود شامل افت انرژی در هواکش بوده و می‌توان فقط با آزمایش واقعی هواکش برآورد کرد. (توان حقیقی شامل افت بین موتور و هواکش نمی‌شود).
- **چگالی ویژه**: عبارتست است از نسبت چگالی یک ماده به چگالی مادهٔ دیگر، برای جامدات و مایعات مادهٔ دوم معمولاً آب ۳۲/۲ درجهٔ فارنهایت و برای گازها هوای استاندارد می‌باشد
- **حداقل سرعت طراحی کانال (سرعت انتقال)**: حداقل سرعت مورد نیاز برای حرکت ذرات موجود در جریان هوای کانال
- **حدپایین انفجار**: حد پایین قابلیت اشتعال و یا انفجار یک گاز یا بخار در دمای معمولی که بر حسب درصد گاز یا بخار در هوا بیان می‌شود. تا دمای ۲۵۰ درجهٔ فارنهایت مقدار حد پایین انفجار ثابت فرض می‌شود. از این دما به بالا این حد را بایستی با ضریب ۰/۷ کاهش داد زیرا قابلیت انفجار در دماهای بالا افزایش می‌یابد.
- **دریچه کشویی**: دریچه‌ای کشویی برای باز و بستن مسیر کانال در صورت نیاز.
- **دمای تر**: دمای تر ترمودینامیکی عبارت است از دمایی که در آن آب مایع یا جامد از طریق تبخیر در هوا می‌تواند هوا را به طور بی‌دررو (آدیاباتیک) در همان دما به حالت اشباع در آورد. دمای تر توسط دماسنج تر اندازه‌گیری می‌شود. دماسنج تر یک دماسنج معمولی است که مخزن آن توسط فتیله‌ای مرطوب نگهداشته می‌شود.
- **رطوبت مطلق**: وزن بخار آب موجود در واحد حجم هوای خشک بر حسب پوند بر فوت مکعب و یا گرم بر سانتی‌مترمکعب.
- **رطوبت نسبی**: نسبت فشار نسبی واقعی بخار آب در یک فضا به فشار اشباع آب خالص در همان دما.

۱. Expressions and definitions in Ventilation

- **صافی هوا**: وسیله‌ای برای زدودن آلاینده‌های با بار سبک از هوای معمولی قبل از ارسال هوا بداخل ساختمان (رنج معمولی این آلاینده‌ها ممکن است تا ۳ گرین بر هر ۱۰۰۰ فوت مکعب برسد). باید توجه داشت که بار آلودگی در هوای مجتمع‌های صنعتی معمولاً بیش از این حدود است (هر گرین مساوی ۰/۰۶۴۸ گرم است).
- **ضریب ورودی**: عبارت است از نسبت حجم واقعی هوای حاصل از یک فشار استاتیک معین هود به حجم هوای تئوریک ناشی از تبدیل ۱۰۰٪ همان فشار استاتیک به فشار سرعت و یا عبارت است از نسبت جریان هوای واقعی به تئوریک که باCeنمایش داده می‌شود.
- **ضریب یا فاکتور دانسیته**: عبارت است از نسبت چگالی واقعی هوا به چگالی هوای استاندارد.
- **غبارگیر:** وسیله‌ای برای زدودن گرد و غبارات با بار آلودگی سنگین از هوا قبل از تخلیهٔ آن به بیرون. رنج این آلودگیها معمولاً در حدود ۰/۰۰۳ گرین در هر فوت مکعب و بیشتر از آن می‌باشد.
- **فاصلهٔ پرتاب**: در توزیع هوا عبارت است از فاصله‌ای که جریان هوا از دهانهٔ خروجی تا وضعی که در آن سرعت هوا در امتداد محور حرکت هوا به ۵۰ فوت بر دقیقه می‌رسد. برای واحدهای گرم کننده (سیستم‌های گرمایشی) عبارت است از فاصله‌ای که جریان هوا بدون افزایش محسوس ناشی از اختلاف دما و افت سرعت حرکت می‌کند (در گرم کننده).
- **فشار استاتیک**: فشار پتانسیلی موجود در همهٔ جهات در یک سیال درحال سکون. در یک سیال در حال حرکت معمولاً در جهت عمود بر مسیر حرکت اندازه‌گیری می‌شود. فشار استاتیک معمولاً بر حسب اینچ آب نشان داده می‌شود.
- **فشار بخار**: فشار ناشی از وجود یک بخار. اگر یک بخار در بالای مایع خود بگونه‌ای محبوس شود که بتواند در بالای مایع خود تجمع یابد و دما ثابت نگه‌داشته شود فشار بحد ثابت خود (که فشار بخار اشباع یا فشار حداکثر نامیده می‌شود) نزدیک می‌شود. این فشار بخار اشباع فقط به دما و مایع بستگی دارد. برخی مواقع، عبارت فشار بخار مترادف با فشار بخار اشباع بکار می‌رود.
- **فشار سرعت**: فشار جنبشی لازم در جهت جریان برای به حرکت در آوردن یک سیال از حال سکون به سرعت معین
- **فشار کل**: عبارتست از جمع جبری فشارهای استاتیک و سرعت. معمولاً هر سه فشار بر حسب اینچ آب بیان می‌شود.
- **فشارسنج (مانومتر)**: وسیلهٔ اندازه گیری فشار، بویژه به لوله‌های کمانی شکل اطلاق می‌شود که بخشی از آن با مایع، معمولاً آب، جیوه یا روغن‌های سبک پرشده و به گونه‌ای ساخته شده‌اند که جابجایی مایع، فشارناشی از سیال بر فشارسنج را نشان می‌دهد.
- **محفظه یکنواخت ساز (پلنوم)**: محفظه‌هایی برای یکنواخت‌سازی فشار
- **مقادیر حد آستانه (حد تماس مجاز)**: مقادیر مواد سمی موجود در هوا که می‌بایست به عنوان معیار کنترل مخاطرات بهداشتی بکار رفته و معرف میانگین وزنی– زمانی غلظتها هستند که تمام کارگران می توانند بدون بروز آثار سوء در دراز مدت در هر روز ۸ ساعت با آن در تماس باشند.
- **هوای استاندارد**: هوای خشک در دمای ۷۰ درجهٔ فارنهایت و فشار جو ۲۹/۹۲ اینچ جیوه، چگالی چنین هوایی معادل ۰/۰۷۵ پوند بر فوت مکعب می‌باشد. گرمای ویژهٔ هوای خشک مساوی ۰/۲۴ بی تی یو بر درجهٔ فارنهایت است.
- **هوای جایگزین**: معرف حجم هوای بیرون که به طور کنترل شده به یک ساختمان تجویز می‌شود تا جایگزین هوای تخلیه شده گردد.
- **هود**: ورودی سیستم تهویه که به شکل خاصی طراحی شده تا هوای آلوده را دریافت و به داخل سیستم کانال تخلیه هدایت نماید.

۵–۲ اصول عمومی تهویه

۵–۲–۱ انواع سیستم‌های تهویه

سیستم‌های تهویه بکاررفته در صنعت به طور اساسی دو دسته‌اند. **سیستم مولد**[۲]که برای تولید هوای فرآوری شده جهت محیط کار مورد استفاده قرار می‌گیرد و **سیستم مکنده یا تخلیه کننده**[۳]که برای تخلیهٔ آلاینده‌های تولید شده بوسیلهٔ یک فرآیند به منظور کنترل کیفیت هوای محیط کار در حد قابل قبول بهداشتی بکار می‌رود.یک برنامهٔ کامل تهویه باید هر دو جنبهٔ تولید و تخلیهٔ هوا (هر دو سیستم هواده و هواکش) را در نظر بگیرد. چنانچه حجم کل هوای تخلیه شده از یک محیط کار بیش از هوای تجویز شده به آن باشد کارگران شاغل در آن محیط با فشار هوایی کمتر از هوای بیرون مواجه خواهند بود. این شرایط ممکن است در تهویه رقتی و هنگامی که کنترل یک فضای معین مورد نظر است ایده‌آل باشد. این شرایط معمولاً رخ می‌دهد زیرا اغلب بهنگام نصب سسیتمهای مکنده به تأمین هوای جایگزین شدهٔ مورد نیاز توجه نمی‌شود. در این شرایط، هوا به طور کنترل نشده از روزنه‌ها، سوراخ‌ها، حفره‌ها، درها و پنجره‌های باز وارد محیط کار خواهد شد که معمولاً نتیجهٔ آن عبارت خواهد بود از:

احساس عدم آسایش کارگران در زمستان
کاهش کارآیی سیستم‌های مکنده
افزایش هزینه‌های فرآوری هوا

۵–۲–۱–۱ سیستم‌های مولد (هواساز)

سیستم‌های مولد به دو منظور به کار می روند:

۱. برای جایگزینی و تأمین هوای تخلیه شده از مجتمع
۲. برای تأمین آسایش در مجتمع (سیستم تهویه مطبوع)

اغلب اوقات سیستم‌های مولد به همراه سیستم مکنده مورد استفاده قرار می‌گیرند نظیر سیستم‌های رقیق سازی. یک سیستم هوا ساز خوب شامل بخش‌های زیر است:

۱. بخش ورودی هوا
۲. صافی
۳. دستگاه‌های گرم‌کننده و خنک‌کننده
۴. بادبزن
۵. کانالها
۶. توزیع کنندهٔ هوا برای پخش آن در محیط کار

معمولاً صافی‌ها، وسایل گرمایش و سرمایش و بادبزن در هم ادغام شده در یک واحد به نام واحد هوا ساز و یا مولد هوا (Air House or Air Supply Unit) نامیده می‌شود. اگر بخشی از هوای تخلیه شده توسط سیستم در یک چرخه مجدداً به داخل کارگاه برگردانیده شود در اینصورت نیاز به یک سیستم برگشت هوا بداخل کارگاه می‌باشد.

۵–۲–۱–۲ سیستم‌های مکنده

سیستم‌های مکنده تهویه به دو گروه تقسیم می‌شوند:

- تهویهمکنده عمومی[۴]: تهویهمکنده عمومی را می‌توان برای کنترل گرما و یا دفع آلاینده‌های تولید شده در یک فضای معین بوسیلهٔ حجم زیادی از هوا بکار برد.

۲. Supply System

۳. ExhaustSystem

۴. GeneralExhaustSystems

- تهویهمکنده موضعی[۵]: سیستم تهویهمکنده موضعی بر اساس دریافت آلاینده در منبع تولید و یا نزدیک آن کار می‌کند. این سیستم نسبت به تهویه عمومی ترجیح داده می‌شود زیرا مؤثرتر بوده و در مقایسه با سیستم تهویه عمومی برای تخلیهٔ آلاینده حجم هوای کمتری نیاز دارد.

یک سیستم مکنده موضعی دارای ۴ بخش عمده است که عبارتند از:

۱. هود
۲. سیستم کانال و یا مجرا که خود شامل دودکش و کانال برگشت هوا نیز می‌شود.
۳. وسایل تمیزکنندهٔ هوا
۴. هواکش

۵-۲-۲ تعاریف اساسی

تعاریف اساسی[۶] زیر برای توصیف جریان هوا به کار می روند و در این فصل به طور وسیع به کار می روند:

۵-۲-۲-۱ گذر حجمی هوا

گذر هوا (دبی هوا) یا جریان هوای عبوری معمولاً حجم هوا نامیده می‌شود و عبارت است از حجم هوای عبوری از یک محل یا مجرا در واحد زمان. حجم هوای عبوری از یک کانال از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = VA$$

در این رابطه:

Q: گذر هوا- فوت‌مکعب بر دقیقه (CFM)

V: سرعت جریان هوای عبوری ـ فوت بر دقیقه(fpm)

A: سطح مقطع کانال ـ فوت مربع(ft^2)

۵-۲-۲-۲ فشارهای سه‌گانه

بدون اعمال کار اضافی (توسط هواکش)، هوا و یا هر سیال دیگر همیشه از ناحیه‌ای با فشار کل بیشتر به ناحیه‌ای با فشار کل کمتر جریان می‌یابد. در رابطه با جریان هوای عبوری سه نوع فشار متفاوت که با هم رابطه دارند وجود دارد. این سه فشار عبارتند از فشار استاتیک، فشار سرعت و فشار کل. در ذیل هر یک به اختصار بیان می‌شوند.

فشار استاتیک StaticPressure=SP
فشار سرعت VelocityPressure=VP
فشار کل TotalPressure=TP

فشار استاتیک SP: فشار استاتیک عبارت است از فشار پتانسیلی موجود در سیال که تمایل دارد ظرف حاوی خود را مچاله کرده و یا پاره کند. فشار استاتیک بر حسب اینچ آبWGبیان می‌شود. فشار استاتیک را می‌توان با یک فشار سنج (مانومتر) دارای مایع اندازه گرفت. فشار استاتیک نسبت به فشار جو می‌تواند مثبت و یا منفی باشد. در اندازه‌گیری فشار استاتیک سطح مانومتر باید عمود بر امتداد جریان هوا قرار گیرد. از طریق سوراخ‌های جانبی سطح لوله پیتوت و یا سوراخ کوچکی که ممکن است با مته کردن دقیق بدنهٔ کانال بدون این که در سطح داخلی آن ناهمواری ایجاد کند می‌توان فشار استاتیک را اندازه گرفت.

فشار سرعت VP: فشار سرعت معرف انرژی جنبشی مورد نیازی است تا هوای ساکن را به سرعت V شتاب دهد.با استفاده از رابطهٔ برنولی و تعریف فشار می‌توان رابطهٔ بین فشار سرعت و سرعت جریان هوا را در یک کانال به صورت رابطه زیر بدست آورد.

$$VP = \rho\left(\frac{V}{1096}\right)^2$$

۵. LocalExhaustSystem

۶. Basic Definitions

V: سرعت سیال(fpm)

ρ: چگالی گاز(lbm/ft^3) (

VP: فشارسرعتبر حسب (W ")

با جایگذاری چگالی هوای استاندارد رابطه فشار سرعت برای هوای استاندارد به صورت زیر بدست می‌آید.فشار سرعت همیشه در جهت جریان عبور هوا وجود داشته و همواره مثبت است.

$$VP = \left(\frac{V}{4005}\right)^2$$

فشار کلTP: فشار کل معرف کل انرژی موجود در سیال بوده و برابر است با مجموع فشارهای استاتیک و سرعت (رابطه زیر).فشار کل ممکن است نسبت به فشار جو مثبت و یا منفی باشد.فشار کل در حقیقت معیار کل انرژی موجود در جریان هوا می‌باشد که در طول کانال همواره کاهش می‌یابد و فقط در هواکش افزایش خواهد یافت.

$$TP = SP + VP$$

اندازه‌گیری فشار کل: فشار کل را می‌توان بوسیلهٔ لولهٔ مرکبمتصل به یک فشارسنج که در مقابل جریان هوا قرار می‌گیرد اندازه گرفت. از آنجایی که سرعت جریان هوا در داخل کانال یکسان نیست مقدار فشار کل نیز با تغییرات سرعت تغییر می‌نماید. لذا یک اندازه‌گیری در هر نقطه نمی‌تواند معرف فشار کل در آن محل باشد.

۵-۲-۳ افت‌های کانال[۷]

افت فشار کل در یک کانال به دو جزء تقسیم می‌شوند:

افتهای ناشی از مالش یا اصطکاک

افتهای ناشی از اتصالات

افت ناشی از مالش:افتهای ناشی از مالش در کانال‌ها تابع پیچیده‌ای از سرعت هوا در کانال، قطر کانال، چگالی هوا، گران روی هوا، ناصافی سطح کانالاست. از رابطه دارسی- ویسباخ که در ذیل آمده است مقدار افت ناشی از مالش را در کانال می‌توان به دست آورد:

$$h_l = f\frac{L}{D}VP$$

که در آن:

h_l: افت ناشی از مالش (اینچ آب)

f: ضریب مالش از دیاگرام مودی (بدون واحد)

L: طول کانال (فوت)

D: قطر کانال (فوت)

VP: فشار سرعت در کانال (اینچ آب)

برای حل مسأله و برآورد میزان افت ناشی از مالش بر پایه دیاگرام مودی از طریق رایانه روابط زیادی در دسترس است که یکی از آن‌ها **رابطه چرچیل**می‌باشد که در کلیه جریان‌های خطی، بحرانی ومتلاطم نتایج دقیقی به دست می‌دهد و تمام محاسبات از یک رابطه به دست می‌آید که به صورت زیر است:

$$f = ۸[(\frac{۸}{Re})^{۱۲} + (A+B)^{-۳/۲}]^{\frac{۱}{۱۲}}$$

$$A = \{-۲.۴۵۷L_n\left[\left(\frac{۷}{Re}\right)^{۰.۹} + \left(\frac{K}{۳.۷D}\right)\right]\}^{۱۶}$$

$$B = (\frac{۳۷۵۳۰}{Re})^{۱۶}$$

۷.Duct Losses

با وجود مفید بودن رابطه بالا، استفاده از آن بدون کمک رایانه دشوار است. پیشنهادات زیادی برای ساده نمودن برآورد میزان افت ناشی از مالش در شرایط ویژه ارائه گردیده است. برای چندین سال در طراحی سیستم‌های تهویه از نمودارهایی که بر پایه **رابطه رایت** رسم شده بودند استفاده می‌شد. این رابطه به صورت زیر است:

$$h_L = ۲.۷۴ \frac{\left(\frac{V}{۱۰۰۰}\right)^{۱.۹}}{D^{۱.۲۲}}$$

در این رابطه :

V: سرعت جریان هوا در کانال بر حسب fpm

D: قطر کانال inch

h_L :افت ناشی از مالش WG"

این رابطه اکنون دیگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این رابطه افت ناشی از مالش را بر حسب اینچ آب و برای ۱۰۰ فوت کانال با تمیزی متوسط، گرد و گالوانیزه که در هر ۱۰۰ فوت آن حدود ۴۰ اتصال وجود دارد (ضریب K معادل ۰/۰۰۰۵ فوت) و از آن برای هوای استاندارد با چگالی ۰/۰۷۵ پوند بر فوت مکعب عبور می‌کند به دست می‌دهد.

روش لوفلر برای تعیین افت ناشی از مالش:آقای لوفلر روابطی را در روش فشار سرعت ارائه داد که از مقادیر استاندارد ناصافی سطح استفاده می‌شود.روابط به گونه‌ای بدست آمده‌اند که در معادلات دارسی ـ ویسباخ بکار رفته‌اند. که در آن عدد ۱۲ برای تبدیل قطر از اینچ به فوت می‌باشد. برای شرایط استاندارد روابط ساده شده‌ای بدست آمده است که با دقت قابل قبولی (کمتر از ۵ درصد) برای کانال‌هایی با مواد گوناگون نتایج مناسبی می‌دهند.

$$h_L = f\frac{L}{D}VP = \left(12\frac{f}{D}\right)LVP$$

$$h_L = H_f \times L \times VP$$

$$H_f = 12\frac{f}{D} = a\frac{V^b}{Q^c}$$

روش‌های تعیین افت ناشی از اتصالات:در یک کانال، اتصالات (زانویی، انشعابات و غیره) نیز سبب افت فشار کل می‌گردند. میزان این افت را می‌توان از دو روش زیر محاسبه نمود:

روش فشار سرعت: افت فشار مساوی است با حاصل‌ضرب ضریب افت فشارF در فشار سرعت یعنی:

$$h_L = F \times VP$$

روش طول معادل: طول معادل عبارت است از طولی از کانال که افت مالشی آن معادل افت اتصال مورد نظر می‌باشد.

افت ناشی از زانویی:در زانویی‌ها هنگام چرخش هوا و تغییر مسیر آن مقداری از انرژی افت می‌یابد. افت انرژی در زانویی را می‌توان از حاصل‌ضرب ضریب افت زانویی در فشار سرعت در کانال بدست آورد. ضرایب افت زانویی در جدول ۵-۱ آمده است.

جدول ۵-۱: ضرایب افت زانویی‌ها

نسبت R/D	تاجی شکل	۱,۵	۲	۲,۵
ضریب افت	۱,۲۵	۰,۳۹	۰,۲۷	۰,۲۲

افت ورودی انشعابات (فرعی به اصلی):افت ناشی از ورودی انشعاب در شاخه فرعی منظور می‌شود.میزان افت ناشی از ورودی انشعاب از طریق حاصل‌ضرب ضریب افت در فشار سرعت تعیین می‌شود. ضرایب افت انشعابات در جدول ۵-۲ آمده است.

جدول ۵-۲: ضرایب افت ورودی انشعابات

زاویه انشعاب درجه	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۹۰

ضریب افت F	۰,۰۹	۰,۱۸	۰,۲۸	۰,۴۴	۱

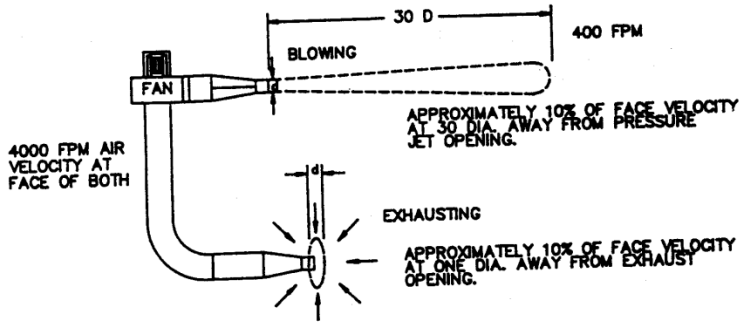
افت سایر اجزاء:در تنگ و گشادشدگی‌ها ممکن است چندین فشار سرعت وجود داشته باشد.

۵–۲–۴ سیستم‌های مکنده با چند هود[۸]

اغلب سیستم‌های مکنده پیچیده هستند.معمولاً خریداری یک هواکش و تمیزکنندهٔ هوا برای یک سری از فرایندهای مشابه مقرون بصرفه‌تر از تدارک یک سیستم کامل برای هرفرایند می‌باشد.

۵–۲–۴–۱ خصوصیات جریان هوای مکنده و دمنده

هوای دمنده از روزنه‌ها و سوراخ‌های کوچک تأثیر سمتی خود را در روبروی محفظه باز تا فاصله قابل توجهی حفظ می‌نماید.در حالیکه اگر جهت جریان هوا در همان روزنه یا سوراخ یا محفظه باز معکوس گشته و به صورت مکشی عمل کند و همان حجم هوا نیز مکیده شود حدود تأثیر آن به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. به همین دلیل نباید از سیستم مکنده موضعیدر فرآیندهایی که نمی‌توان هود مکنده را نزدیک منبع آلاینده نصب نمود استفاده کرد و نیز به همین دلیل باید فرایند را تا آنجایی که ممکن است محصور نمود. شکل ۵-۱تفاوت‌های بین یک سیستم دمنده و مکنده را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱: دمش در مقایسه با مکش

۵–۳ مشخصات سایکرومتری و محاسبات آن

ایجادشرایط آسایشانسان در محیط‌هایمختلفازطریقفرآوریهوا صورت می‌گیرد. عملیاتی که برای فرآوری هوابررویآنانجاممی‌شود:

- گرمایش
- سرمایش
- پالایش
- نم‌زنی
- نم‌گیری

۵–۳–۱ پارامترهایمهم هوا در تأمینآسایش

پارامترهایمهم هوا در تأمینآسایش عبارتند از:

- دما
- رطوبت
- آلاینده‌ها

۸. Multiple HoodExhaustSystems

۵-۳-۲ پارامترهای ترمودینامیکیهوا

حالت اشباع:میزانرطوبتهوا ممکن استآنقدر افزایشیابدکه دیگر قابلیتجذبرطوبت بیشتری را نداشتهباشد. این حالتراشباع هواز رطوبتمی‌گویندکهپسازآن قطرات آب یا در فضا سقوط می‌کنندیا به صورت مه معلق می‌مانند.

دمایخشک:دمای هواکه با دماسنج معمولی اندازه‌گیریمی‌شود.

دمایمرطوب:دمای هواکه به وسیله دماسنجی که حبابآن توسطیک فتیله مرطوبپوشیده شده و در معرض جریان سریع هوا قرار گرفته،اندازه‌گیریمی‌شود. رطوبت موجود در فتیله تازمانیکههوای اطراف آن به حد اشباعبرسد، تبخیرگردیده گرماینهان تبخیرخود را ازمحیطاطرافشمی‌گیرد، بدین ترتیبدمایی کهتوسط ایندماسنج نشانادهمی‌شودکمترازدمایخشکهواخواهدبود. دمایمرطوب رادمای اشباعآدیاباتیکهوانیزمی‌گویند .

دمای نقطه شبنم:دمایی که در آن،هنگام سرد کردن هوا، تقطیر رطوبت آغاز می‌شود. به عبارتی دیگر دمایی کههوا در فشار ثابتازبخار آب اشباع می‌شود ویادماییاستکهدر آن نم موجود در هوا تقطیرخواهدشد. دمای نقطه شبنم از رابطه زیر به دست می‌آید. در رابطه زیر فشاربرحسب پاسکالو دمایشبنم بر حسبسانتی‌گرادمی‌باشد. در دمایشبنمفشار جزئی بخار آب موجود در هوا مساوی فشار بخار اشباع آب در هوا می‌باشد.

$$t_{dp} = 14.62 Ln\left(\frac{P_S}{600.245}\right)$$

رطوبت نسبی:نسبت فشار جزئی بخار آب موجود در هوا به فشار اشباع بخار آب هوا در همان دمایخشک. رطوبت نسبی از رابطه زیر به دست می‌آید. در روابط زیرفشارها بر حسبکیلوپاسکالو دماهاسلسیوس می‌باشند.

$$RH\% = \frac{P_V}{P_S} \times 100$$

$$RH\% = \frac{100}{P_S}\left(P_{SW} - \frac{(t_a - t_w)(P_V - P_{SW})}{1547.6 - 1.478 t_w}\right)$$

درصداشباع (در برخی مراجع رطوبت نسبینامیده شده است): نسبت جرم بخار آب موجود در هوا به جرم بخار آب موجود در هوای اشباع در همان دمایخشکمی‌باشد. در تعریف دیگری نسبت جرم مخصوص بخار آب موجود در هوا به جرم مخصوص بخار آب موجود در هوای اشباع در همان دمای خشک است. درصد اشباع از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Saturation\% = \frac{m_V}{m_S} \times 100$$

$$Saturation\% = \frac{d_V}{d_S} \times 100$$

نم موجودیا رطوبت موجودMoisture Content:نسبت وزن بخار آب موجود در هوا به وزن هوای خشک و یا مقدار بخار آب موجود در واحد جرم هوامی‌باشد. نم موجود در هوا از رابطه زیر محاسبه می‌شود. در رابطه زیر Pفشاربارومتریکدرترازدریامی‌باشد.

$$W = 0.62197 \frac{P_V}{P - P_S} = 0.622 \frac{P_V}{P - P_S}$$

حداکثر نم موجود (بخار اشباع):نسبتحداکثر وزن بخار آبموجود در هوا به وزن هوای خشک ویاحداکثر مقدار بخار آب موجود در واحد جرم هوا می‌باشد. بخار اشباع از رابطه زیر محاسبه می‌شود. در رابطه زیر P فشار بارومتریک در تراز دریامی‌باشد.

$$W_S = 0.62197 \frac{P_S}{P - P_S} = 0.622 \frac{P_S}{P - P_S}$$

حجم مخصوص هوا:حجم هوایمرطوببر جرم هوایخشکو یا حجم واحد جرم هوایخشکمی‌باشد.

$$v = 0.754 \frac{(t_d + 460)}{(P - RH \times P_S)}$$

آنتالپی ویژهٔ هوا:مقدارگرمایموجود در واحد جرم هوا – بی تییوبر پوند هوایخشکمی‌باشد. مبنایآنتالپی برایهوایخشکصفردرجهٔفارنهایتوبراینم موجود، آب ۳۲ درجهٔفارنهایتاست. آنتالپی هوای خشک به روش زیر محاسبه می‌شود.

$$h_d = 0.24t_d$$

آنتالپی ویژهٔ هوایمرطوب:

آنتالپی ویژهٔ هوایمرطوبمساوی استبا:

- ۰/۲۴: گرمای ویژهٔهوا در فشار ثابت - بیتی یوبر پوند درجهفارنهایت
- h_v: انتالپی بخار اب موجود در هوا- بی تی یو بر پوند درجه فارنهایت

$$h = h_d + h_w = h_d + h_{Lw} + h_{Sw}$$
$$h = 0.24t_d + wh_v$$
$$h = 0.24t_d + w(1062 + 0.44t_d)$$

انحرافآنتالپی:دریکتحولآدیاباتیک(بی‌دررو) کهفقطرطوبتهوا تغییر می‌یابد، دمایمرطوبثابت بوده وآنتالپیهوا در دمایمرطوبمعین ثابت می‌ماندو این در اغلبنمودارهایمشخصهٔ هوا مشاهده می‌شود، درحالیکهاین مطلب دقیقاً صحیحنیستزیرا وقتی دریکدمایمرطوب رطوبتهوا تغییر کند،آنتالپیهوا طبق رابطهٔ زیر تغییرخواهدکردکهدر آنh_fآنتالپیآب در دمایمرطوبهوا می‌باشد .

$$h_2 = h_1 + (w_2 - w_1)h_f$$
$$\Delta h = h_2 - h_1 = (w_2 - w_1)h_f$$

گرمایمحسوس و نهان:گرمایمحسوس گرمایی کهسبب تغییر دمایخشک هوا می‌شود. گرماینهانگرمایی کهآب ضمن تبخیر و یا بخار ضمن تقطیر می‌گیرد یا پس می‌دهد. در طول اینفرآیند، دما و فشار آب یا بخار ثابت می‌مانند.

$$h_S = mc_p(t_2 - t_1)$$
$$h_L = mL$$

فاکتور گرمایمحسوس - دایرهٔمسیر: فاکتورگرمای محسوسعبارت استاز نسبتگرمایمحسوس بهگرمایکل هوا. دایرهٔمسیرعبارتاستازنقطه‌ایبامشخصات دمای ۸۰ درجهٔفارنهایتورطوبتنسبی ۵۰درصد.

$$SHF = \frac{h_S}{h_S + h_L} = \frac{h_S}{h}$$

۵-۳-۳ هدفازعملیات روی هوا

هدفازعملیات روی هوافرآوریهوا به منظور ایجادشرایط دلخواهممکن است. این عملیاتعبارتند از:

- گرمکردنهوا
- سردکردنهوا
- رطوبت زدن هوا
- سردکردنهوا فقطبا رطوبت‌زنی
- فقطرطوبت‌گیری
- گرمکردنورطوبتزدن هوا
- سردکردنورطوبت‌گیری
- مخلوطکردن دوو یا چند هوا

در ادامه هر یک را توضیح می دهیم.

گرم کردن:اگرفقط گرما به هوا اضافه شود مشخصات آن به صورت زیر تغییر خواهد کرد. فرآیند گرمایشبه صورت یکخط مستقیم افقیازچپ بهراست خواهد بود.

$$t_{d2} > t_{d1}$$
$$w_2 = w_1$$
$$RH_2 < RH_1$$
$$h_2 > h_1$$

سردکردنهوا:اگرفقط گرماازهوابگیریممشخصاتترمودینامیکیهوا به صورت زیر تغییرخواهدکرد. فرآیند سرمایش به صورت یکخط افقیاز راستبه چپخواهدبود.

$$t_{d2} < t_{d1}$$
$$w_2 = w_1$$
$$RH_2 > RH_1$$
$$h_2 < h_1$$

رطوبتزدن هوا:رطوبتزدن هواازطریقافزودنمستقیم بخار و یا آب به هوا توسطافشانهصورتمی‌گیرد. در طول این تحولآنتالپیهوا ممکن استکاهشیاافزایشیابد و یا تغییرنکند. رطوبتنسبی هوا پساز رطوبتزنیمی‌تواند افزایشو یاکاهش یافتهو یا تغییرنکند.

سردکردنهوا فقطبا رطوبتزنی:اینیکتحول بی‌درروبوده ونمونهٔ بارز آنفرآیندیاستکهدرکولرهایآبی اتفاق می‌افتد. آب اضافه شده بههوایی کهبهسرعتدر حال عبور استگرماینهان تبخیرخود را ازهوا گرفته وآنراخنک می‌کند. در طول اینفرآیندمایمرطوبهوا ثابت باقی می‌ماند.

$$t_{d2} < t_{d1}$$
$$w_2 > w_1$$
$$RH_2 > RH_1$$
$$h_2 = h_1$$

فقطرطوبتگیری:وقتی قرار است فقطرطوبت گیریداشته باشیم ناچاریم از خشککن‌های شیمیایی مانند سیلیکاژل استفاده کنیم. نتایجاین تحول درستبرعکسسردکردنهوا فقطبا رطوبتزنی است.

گرمکردنورطوبتزدن:هواابتدا ازروی کویل گرم عبور کردهسپسبه آنرطوبت‌زده می‌شود. تغییرپارامترهایترمودینامیکیهوا به شرح زیر می‌باشد.

$$w_2 > w_1$$
$$h_2 > h_1$$
$$RH \quad may\ increase, decrease\ or\ does\ not\ change$$
$$t_d \quad may\ increase, decrease\ or\ does\ not\ change$$

سردکردن و رطوبت‌گیری:کافی است هوارا از رویک کویل سرد عبوردهیمتا هردو منظور حاصلشود. تغییر پارامترهای ترمودینامیکی هوا به شرح زیر می‌باشد.

$$w_2 < w_1$$
$$h_2 < h_1$$
$$RH \quad may\ increase, decrease\ or\ does\ not\ change$$
$$t_d \quad may\ increase, decrease\ or\ does\ not\ changea$$

مخلوط کردن دو هوا:در بسیاری از موارد دو و یا چند هوا با یکدیگر مخلوط می‌شوند. ترکیب هوای برگشتی و هوای تازه یکی از این موارد می‌باشد. پارامترهای ترمودینامیکیهوارامی‌توانازروابط زیربدست آورد.

$$t_{dmix} = \frac{\sum \dot{m}_i t_{di}}{\sum \dot{m}_i} \qquad w_{mix} = \frac{\sum \dot{m}_i w_i}{\sum \dot{m}_i}$$
$$h_{mix} = \frac{\sum \dot{m}_i h_i}{\sum \dot{m}_i}$$

۵–۳–۳–۱ تعیین مشخصات هوا پساز تحولبااستفادهاز نسبت $\frac{\Delta h}{\Delta w}$

بامعلومبودنمشخصات هوا قبلازتحول (نقطهٔ ۱) و تغییراترطوبتوآنتالپیدر طولیک تحول، می‌توانبامعینبودن تنها یکمشخصهازهوایثانویه، سایر مشخصات هواراپسازتحول تعیینمود. برای اینکار کافی است نسبت $\frac{\Delta h}{\Delta w}$ را بدست بیاوریم.

۵–۴ تهویه صنعتی عمومی

تهویه صنعتی عمومی[۹] یک اصطلاحکلی بوده و عبارت است از تزریق هوا به یک محیط بسته، اتاق و یا ساختمان و نیز تخلیهٔ آن از چنین محیط‌هایی. تهویه صنعتی ممکن است به منظور اهداف زیر مورد استفاده قرار گیرد:

۱. کنترل مخاطرات بهداشتی
۲. پیشگیری از حریق و انفجار
۳. تأمین آسایش

۵–۴–۱ انواع تهویه عمومی

باتوجه به اهداف بالا تهویه صنعتی ممکن است به گروه‌های اختصاصی زیر تقسیم شود:

تهویه رقتی و یا رقیق‌سازی: عبارت است از رقیق‌سازی هوای آلوده بوسیلهٔ هوای پاک به منظور کنترل مخاطرات بهداشتی، پیشگیری از حریق و انفجار و یا کنترل بو در محیط کار.ازجنبه‌های بهداشتی، تهویه عمومی نمی‌تواند مانند تهویه موضعی مؤثر و مفید باشد. خصوصاً این کههزینه‌های راهبری تهویه رقتی به مراتب بیش از تهویه موضعی است.

تهویه به منظور کنترلگرما: عبارت است از کنترل شرایط جوی محیط‌های کاری صنایع گرم مانند صنایع ریخته‌گری، نانوایی، لباسشویی و غیره به منظور تأمین آسایش وجلوگیری از صدمات حاد ناشی از شرایط نامطلوب جوی محیط کار.

۵–۴–۲ اصول تهویه رقیق‌سازی

مراحل طراحی تهویه رقتی بقرار زیر است:

۱. با استفاده از اطلاعات موجود مقدار حجم هوای موردنیاز برای رقیق‌سازی کافی برآورد می‌شود. جدول زیر هوای موردنیاز برای رقیق‌سازی بخارات حاصل از حلال‌ها را به طور دقیق تعیین می‌کند. این مقادیر باید در ضریبK انتخاب شده نیز ضرب گردد.

TABLE ۵-۳ *Dilution Air Volumes Vapors*

Liquid (TLV in ppm)	$\frac{Ft^3 of Air (STP) Required for Dilution to TLV}{Per Pint Evaporation}$
Acetone (۷۵۰)	۷۳۵۰
Ethyl acetate (۴۰۰)	۱۰۳۰۰
Ethyl alcohol (۱۰۰۰)	۶۹۰۰
Ethyl ether (۴۰۰)	۹۶۳۰
Isoamyl alcohol (۱۰۰)	۳۷۲۰۰
Methyl chloroform (۳۵۰)	۱۱۳۹۰
n- Propyl acetate (۲۰۰)	۱۷۵۰۰
Tetrachloroethylene (۲۵)	۱۵۸۴۰۰
Toluene (۱۰۰)	۳۸۰۰۰
Trichloroethylene (۵۰)	۹۰۰۰۰

[۹] General Industrial Ventilation

Xylene (۱۰۰)	۳۳۰۰۰

۲. در صورت امکان دهانهٔ مکنده نزدیک منابع آلاینده نصب می‌شود. در این صورت فرمی ازتهویه نقطه‌ای (محلی) خواهیم داشت.

۳. قسمت‌های مکنده و دمنده باید بگونه‌ای نصب گردند که هوای آلوده حتی‌المقدور از منطقهٔ تنفسی کارگر عبورنکند.کارگر باید بین دمنده و منبع آلاینده قرار گیرد.

۴. هوای خارج شده باید توسط یک سیستم مولد (هواساز) جایگزین گردد.

۵. با تخلیهٔ هوای آلوده توسط دودکش‌های بلند باید از ورود مجدد آن به محل کار جلوگیری نمود.

۵-۴-۲-۱ روابط تهویه رقیق‌سازی عمومی

هوای موردنیاز برای تهویه رقیق‌سازی یک آلاینده که به طور یکنواخت تولید می‌شود را برای حالتی که بخواهیم غلظت آلاینده در داخل کارگاه ثابت نگهداشته شود و با فرض این کههوای تمیز مورد استفاده فاقد آلودگی است می‌توان از رابطهٔ اساسی تعادل مواد برآورد کرد یعنی:

مقدار دفع - مقدار تولید= مقدار تجمع

$$VdC = Gdt - Q'Cdt$$

در این رابطه:

V: حجم اتاق و یا کارگاه

G: میزان تولید

Q'حجم هوای مؤثر

C: غلظت گاز و یا غبار

t: زمان

در شرایط پایدار یعنی در شرایطی که قرار است غلظت آلاینده در محیط کار در یک حد ثابت نگهداشته شود یعنی dc = ۰ باشد. می‌توان نوشت:

$$Gdt = Q'Cdt$$
$$\int Gdt = \int Q'Cdt$$

در غلظت ثابت C و در تولید یکنواخت G داریم:

$$G(t_2 - t_1) = Q'C(t_2 - t_1)$$
$$\acute{Q}=G/C$$

به دلیل عدم اختلاط کامل هوای تمیز وارد شده به کارگاه و آلودگی تولید شده، مقدار هوای واقعی مورد نیاز بیش از هوای مؤثر بوده و به همین دلیل ضروری است مقدار هوای مؤثر در یک ضریب بنام K ضرب گردد پس:

$$Q' = \frac{G}{C} \quad , \quad Q = K\frac{G}{C}$$

در این رابطه:

Q:میزان هوای واقعی مورد نیاز

Q′:میزان هوای مؤثر مورد نیاز

K: ضریب اختلاط

۵-۴-۲-۲ هوای موردنیاز برای شرایطیکنواخت

غلظت یک گاز و یا بخار را در شرایط یکنواخت (پایدار) می‌توان از رابطه زیر به دست آورد.

$$Q' = \frac{G}{C} \quad , \quad Q = K\frac{G}{C}$$

$$G = \frac{403 \times SG \times ER}{MW}$$
$$Q' = \frac{403 \times 10^6 \times SG \times ER}{MW \times C}$$

۵-۴-۲-۳ برآوردغلظت آلاینده

غلظت آلاینده را می‌توان بعد از گذشت زمان معین برآورد نمود.

$$VdC = Gdt - Q'Cdt$$
$$\frac{dC}{G - Q'C} = \frac{dt}{V}$$
$$Ln\frac{(G - Q'C_2)}{(G - Q'C_1)} = -\frac{Q'(t_2 - t_1)}{V}$$
$$\Delta t = -\frac{V}{Q'} Ln\frac{(G - Q'C_2)}{(G - Q'C_1)}$$
$$C_2 = \frac{G\left(1 - e^{-\frac{Q'\Delta t}{V}}\right)}{Q'}$$

۵-۴-۲-۴ میزانپاکسازی

درصورتیکه هوا آلوده شده اماتولیدآلودگیقطع شده باشد (یعنی G = ۰) میزان غلظت آلاینده در هوا را در یک فاصله زمانی معین می‌توان محاسبه نمود.

$$VdC = -Q'Cdt \quad \Rightarrow \quad \frac{dC}{C} = -\frac{Q'}{V}dt$$
$$Ln\frac{C_2}{C_1} = -\frac{Q'}{V}(t_2 - t_1)$$
$$(t_2 - t_1) = -\frac{V}{Q'} Ln\frac{C_2}{C_1}$$
$$C_2 = C_1 e^{\left[-\frac{Q'(t_2 - t_1)}{V}\right]}$$

۵-۴-۳ تهویه رقتی برای کنترل مخاطراتبهداشتیمخلوط مواد

در بسیاری از موارد ماده اصلی که تهویه رقتی برای آن طراحی می‌شود ترکیبی از چند حلال می‌باشد. درصورتیکهمواد اثر تجمعیدارندو یا اطلاعات دقیق مبنی بر مستقلبودناثر آن‌ها در دستنیست،ارزیابیمواد و هوایمورد نیازبرایرقیق‌سازیآن‌هابه صورت زیر است:

$$\frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \frac{C_3}{TLV_3} + ... + \frac{C_n}{TLV_n} \geq 1$$
$$Q_{Req} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + ... + Q_n$$

در صورتیکه مواد اثر تجمعینداشته باشند،ارزیابی مواد و هوای مورد نیاز برای رقیق‌سازی آن‌هابه صورت زیر است:

$$\frac{C_1}{TLV_1} or \frac{C_2}{TLV_2} or \frac{C_3}{TLV_3} or ..... or \frac{C_n}{TLV_n} \geq 1$$
$$Q_{Req} = Q_{Max}$$

۵-۴-۴ تهویه رقتی برایپیشگیریاز حریق و انفجار

هوایموردنیازبرایپیشگیریاز حریق و انفجار را به روش زیر برآورد می‌کنند.

$$Q = \frac{403 \times 10^2 \times SG \times ER \times Sf}{MW_{Liq} \times LEL \times B}$$

۵–۴–۵ تهویه رقتی برایپیشگیریاز حریق و انفجار مخلوط مواد

هوایموردنیازمساویبیشترینهوایموردنیازبرای رقیق‌سازیهریک از مواد می‌باشد.

$$Q_{Req} = Q_{Max}$$

۵–۵ هودهایمکندهموضعی[۱۰]

۵–۵–۱ انواع هودها

هودها ممکن است به اشکال مختلف ساخته شوند اما به دو دسته تقسیم می‌شوند.

هودهایمحصورکننده[۱۱]

- مثال :هودهای آزمایشگاهیواتاقکهایرنگ‌پاشی

هودهای بیرونی[۱۲]

- مثال :هودهایرومیزیمخصوصجوشکاری،هودهای خیمه‌ای یاسایبانی،هودهای دمشیـمکشی

۵–۵–۲ فاکتورهای طراحیهود

هدف تأمین گسترهٔ مناسبمکش ازطرق زیر است:

حذفجریانهایمزاحم

تعیین هوایموردنیاز به منظور تأمینسرعت رهایشکافی

نصب هود درنزدیکیمنبعآلاینده

شکل،اندازه، محل هود و میزان جریان هواازعوامل مهم درطراحیهودها می‌باشند.

۵–۵–۲–۱ سرعت رهایش

عبارتاستاز حداقل سرعتهوای نفوذی به هودکه برای دریافتو انتقالآلایندهبه درون هودمورد نیازاست. سرعترهایش[۱۳]به میزان جریان هوا و شکلدهانهٔهودبستگی دارد. سرعت‌های رهایش به صورتتجربی تعیین و طی جداولی در اختیار ما می‌باشد. از سرعت‌های رهایش برایتعیین هوایمورد نیازهوداستفادهمی‌شود.

جدول۵-۴: محدودهٔ سرعت‌های رهایش بر حسب فوت بر دقیقه

شرایط انتشار آلودگی	مثال	سرعت رهایش
انتشار بدون سرعت اولیه در هوای کاملاً آرام	تبخیر از مخازن، شستشو و غیره	۵۰ – ۱۰۰
انتشار با سرعت اولیه کم در هوای نسبتاً آرام	اتاقک‌های اسپری، پر کردن متناوب ظروف، نوار نقاله‌های سرعت پایین، جوشکاری، آبکاری، اسیدشویی	۱۰۰ – ۲۰۰
تولید فعال در منطقه‌ای با حرکت سریع هوا	رنگ‌آمیزی در اتاقک‌های کم‌عمق، پر کردن بشکه‌ها، بارگیری با نوار نقاله، خردکن‌ها	۲۰۰ – ۵۰۰
انتشار با سرعت اولیه بالا در منطقه‌ای با حرکت خیلی سریع هوا	سنگزنی، سایش، صیقل‌کاری	۵۰۰ - ۲۰۰۰

سرعت‌های رهایش برای هودهای کوچکتوصیه می‌شودزیرا درهودهای بزرگ:

۱. جرمزیادی ازهوا به درون هود حرکت می‌کند.
۲. آلاینده برایزمانبیشتریتحت تأثیر هود قرار می‌گیرد.

۱۰.Local Exhaust Hoods

۱۱.Enclosing Hoods

۱۲. Exterior Hoods

۱۳. Capture Velocity

۳. جریان زیاد هواتواناییبرقیق‌سازیقابلملاحظه‌ای دارد.

۵-۵-۲-۲ تعیینهوایموردنیازهود[۱۴]

هوا از فضای باز محدود به لبه‌های هود، تیغه‌ها و دیوارهای مجاور آن و در اثر مکش به داخل هود کشیده می‌شود سرعت روبرو در دهانه‌ها و روزنه‌های باز یک فضا یا هود محصور مساوی است با نسبت میزان جریان هوای ورودی تقسیم بر سطح دهانه و یا روزنه باز. سرعت رابایش در نقطه‌ای در جلوی هود غیرمحصور (بیرونی) از طریق شکل هندسی فضایی که هوا از آن به درون هود وارد می‌شود برآورد می‌گردد. هوای مورد نیاز هود از دو روش تئوری و روش تجربی محاسبه می‌شود.

روشتئوری

- درمکندهنقطه‌ای شکل

$$Q = A \times V$$
$$A = 4\pi X^2$$
$$Q = 4\pi V X^2$$

- درمکندهخطی شکل

$$Q = A \times V$$
$$A = 2\pi L X$$
$$Q = 4\pi L V X$$

تعیین هوایموردنیازهود

درهودهایگرد و مربعی شکل (درصورتیکه X در محدودهٔ ۱/۵برابرقطر هود گرد و یا ضلع هود مربع شکل قرارداشتهباشد) هوایمورد نیازمساوی استبا:

$$Q = V(10X^2 + A)$$

نتیجه: هوایموردنیازهود با مربع فاصلهٔ منبعاز دهانهٔهود متناسب است پستاحد ممکن باید هودرا نزدیکبه منبعآلودگینصب کردتا هوایمورد نیازکاهش یابد.

۵-۵-۲-۳ توزیع هوا[۱۵]

درهودهای شکافدار(Slot Hoods) به هودهایی اطلاق می‌شود که نسبت عرض به طول آن مساوی ۰/۲ و یا کمتر باشد. عملی‌ترین نوع هود نوع شکافدار ثابت و پلنوم غیر مسدود است. باانتخاب مناسب عرضشکاف به طوری کهنسبت عرض بطولشکافمساوی و یا کمتراز۰/۲باشد. در داخل پلنوم ممکن استازپنجره‌های یکنواخت‌ساز استفاده شود. اماخوردگیوپوسیدگیاین پنجره‌هابعداً مشکلاتیرا فراهممی‌سازد. سرعت شکاف درهودهایکوچک و متوسط مساوی ۲۰۰۰ وسرعتدر پلنوم مساوی ۱۰۰۰ فوت بر دقیقه است. سرعت شکاف درهودهایبزرگ نظیر دستگاه‌های لرزش در ریخته‌گری‌ها، مساوی ۱۰۰۰ و در پلنوم مساوی ۵۰۰ فوت بر دقیقه می‌باشد.

۱۴. Hood Flow Rate Determination

۱۵. AirDistribution

درهودهایگرد و مستطیل شکل مسطح[16]

توزیع هوا در این هودها بیشتر با جریان هوا در هود حاصل می‌شود تاافت فشار نظیرهودهای شکافدار. پلنوم بایدتاحد ممکن طویل باشد. زاویهٔ بینکنارهٔپلنوم و سطح مقطعکانالبین ۶۰تا۹۰ باشد. درهودهایبزرگ ممکن استاز چند دریافت‌کننده بجای یک دریافت‌کننده استفادهکرد.

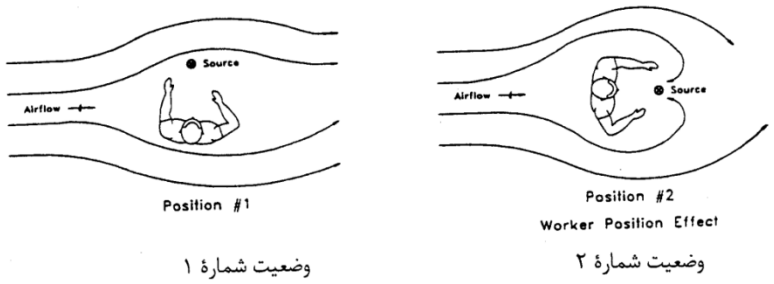
۵–۵–۲–۳ اثروضعیت کارگر

مطالعات نشان می‌دهد کههنگام استفاده از هودهایبزرگاتاقکیبا در مواقعیکهجریان هوا تقریباًیکنواختاستپدیدهٔاثر مسیر متلاطم بسیار مهم است.ازجمله:

دریکمطالعه میزان تماسبا استفاده ازمجسمه‌هایخیاطیبرایشبیه‌سازی راهبردریکهودازنوعاتاقک که برایانتقال پودر بکار می‌رفت نشانداد کهدر تمام موارد میزان تماسبرای وضعیت۱ با ضریب ۲۰۰۰مرتبه کمتراز وضعیت۲بود.

زنانی که با استفاده از اسپری و برس از چسب‌هایی با زمینهٔ کلروفرم استفاده می‌کردند،با وجود این کهدر اتاقک‌های تهویه مشغول به کاربودندبه طور قابلملاحظه‌ای در تماسباینماده بودند .هنگامیکه کارگراندر کنار جریان هوا یعنی شبیهوضعیت۱قرارگرفتندمیزان تماس ۵۰ %کاهش یافت.

سه مطالعهپیشنهادمی‌کندکهقرار گرفتن درجهتعمود بر مسیر جریانحتیدر این موردنیزمفید است. توصیه می‌شوددر صورت عملیبودن از وضعیتجانبی(وضعیت ۱)استفاده شود. در موارد خاص ممکن است جریانروبه پایین نیزمنافعمشابهیدربرداشتهباشد.



وضعیت شمارهٔ ۱ وضعیت شمارهٔ ۲

شکل۵-۲ : اثر وضعیت کارگر

۵–۵–۳ افت‌هایهود[17]

افت ورودی هود در اثرپدیده‌ای بنامتنگی گلوگاهیا(VenaContract)رخدادهوباتبدیل فشاراستاتیکبه فشارسرعتمقدار کمی افتانرژیصورت می‌گیرد. افت هود مساوی استبا ضریبافت ورودی هود ضربدر فشارسرعت کانال.

$$h_{ed} = F_h \times VP$$

هودهاازنظر افت ورودی بهدودسته تقسیم می‌شوند

- هودهایساده
- هودهایمرکب

۵–۵–۳–۱ هودهایساده

هودهای ساده[18]هودهایی هستند کهفقطیکافت ورودیدارند. اگر سرعت روبرودردهانهٔهود مساوی و یا کمتراز۱۰۰۰فوت بر دقیقه باشد هود ساده تلقی می‌شود. فشاراستاتیکهود ساده مساوی استبا:

۱۶. Rectangular Round Hoods

۱۷.Hood Losses

$$SP_h = h_{ed} + VP_d$$

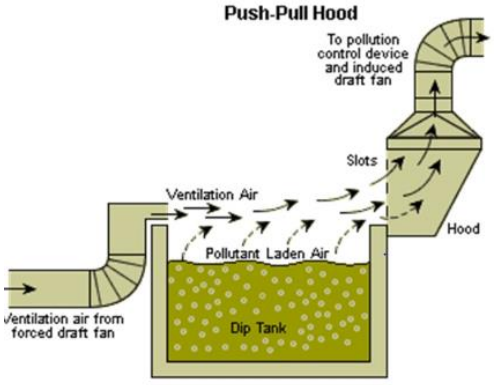
۵–۵–۳–۲ هودهایمرکب

هودهایی که بیش از یکافت ورودیدارند مانند هودهای شکافدار، هودهایی با چند ورودی، هودهای جانبی معمول در آبکاری‌ها و نیز هودهای جانبی تهویه بخش لرزش ریخته‌گری‌ها. اگر سرعت روبرودردهانهٔهودبیش از۱۰۰۰فوت بر دقیقه باشد هود مرکب[۱۹] تلقی می‌شود. فشاراستاتیکهودشکافدارمساوی استبا:

$$\boldsymbol{SP_h = h_{es} + h_{ed} + VP_d}$$

۵–۵–۴ تهویه دمشی –مکشی

تهویه دمشی– مکشی[۲۰] دارای یک یا چند نازل دمنده و یک هود مکنده برای دریافت و دفع هوای دمیده شده است . این نوع تهویه معمولاً در محل‌های رو باز نظیر استخرهای آبکاری، رنگ‌آمیزی و مخازن رو باز به کار می‌رود.



شکل ۵-۳ : تهویه دمشی– مکشی

۵–۵–۵ فرآیندهای داغ[۲۱]

طراحی هود در فرآیندهای داغ با فرآیندهای سرد تفاوت دارد. هنگامی که مقادیر قابل توجهی گرما از طریق هدایت و یا جابجایی به هوای بالا و اطراف فرآیند منتقل می‌شود. تولید جریان‌های گرمی می‌کند که بعضاً ممکن است سرعت این جریان‌های داغ تا ۴۰۰ فوت بر دقیقه نیز برسد. در طراحی هود، میزان تخلیه این جریان‌های داغ که از پایین به سمت بالا است نیز در نظر گرفته شوند.

۵–۵–۵–۱ هودهای خیمه‌ای بلند دایره‌ای شکل

با صعود هوای گرم به بالا، هوا و آلاینده‌ها به طور تلاطمی مخلوط شده و سبب افزایش قطر ستون و حجم هوای جاری می‌شود. قطر ستون هوای داغ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$D_c = ۰.۵X_C^{۰.۸۸}$$

در این رابطه:

D_C: قطر ستون هوای داغ در دهانهٔ هود بر حسب فوت

۱۸. Simple Hoods

۱۹. CompoundHoods

۲۰. Push-Pull Ventilation

۲۱. Hot Processes

X_C : ارتفاع مخروطی که قاعده آن دهانه هود بوده و از دهانه منبع گرما عبور می‌کندمقدار X_C از رابطه زیر به دست می‌آید $X_C = Y + X$

Y فاصله منبع تا هود بر حسب فوت

X فاصله منبع تا رأس مخروط بر حسب فوت

مقدار Z را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$Z = (۲D_S)^{۱.۱۳۸}$$

در این رابطهD_S عبارت است از قطر منبع داغ بر حسب فوت

سرعت ستون هوای داغ در دهانهٔ هود مساوی است با :

$$V_f = \frac{۸(A_S)^{۰.۳۳}(\Delta t)^{۰.۴۲}}{X_C^{۰.۲۵}}$$

در این رابطه:

V_f: سرعت ستون هوای داغ در دهانهٔ هود- فوت بر دقیقه

A_s :سطح منبع داغ- فوت مربع

Δt :اختلاف دمای هوای محیط و منبع داغ- درجه فارنهایت

X_C :ارتفاع مخروط مساوی Y+X، بر حسب فوت

برای اطمینان از دریافت کامل هوا و آلاینده‌های داغ لازم است سطح دهانهٔ هود از سطح مقطع ستون هوای داغ بیشتر باشد. قطر دهانهٔ هود را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$D_f = D_C + ۰.۸Y$$

که در آن D_f عبارت است از قطر دهانه هود بر حسب فوت. میزان کل هوای عبوری از هود مساوی است با:

$$Q_t = V_f A_C + V_r(A_f - A_C)$$

که در آن:

Q_t : حجم کل هوای ورودی به هود (فوت مکعب بر دقیقه)

V_f :سرعت ستون هوای داغ در دهانه هود (فوت بر دقیقه)

A_C :سطح مقطع ستون هوای داغ در دهانه هود (فوت مربع)

V_r :سطح جریان مورد نیاز عبور هوا از بقیه سطح هود (فوت بر دقیقه)

A_f :سطح کل دهانه باز هود (فوت مربع)

۵-۵-۵-۲ هودهای خیمه‌ای مستطیل شکل بلند

بهتر است ستون هوای داغی که از منبع غیر گرد صعود می‌کند توسط هودهای خیمه‌ای مستطیل شکل کنترل گردند. برآورد حجم هوای هود به روش هودهای دایره‌ای شکل صورت می‌گیرد. به جزء ابعاد ستون هوای داغ و هود که با در نظر گرفتن طول و عرض منبع برآورد می‌شود.

۵-۵-۵-۳ هودهای خیمه‌ای کوتاه

چنانچه فاصله بین هود و منبع داغ از حدود قطر منبع یا ۳ فوت فراتر نرود (کمتر باشد) هر یک که کمتر باشد، هود خیمه‌ای کوتاه در نظر گرفته می‌شود. در این صورت قطر و یا سطح مقطع ستون هوای داغ تقریباً مساوی قطر و یا سطح مقطع منبع خواهد بود. در چنین شرایطی لازم است قطر و یا ابعاد طول و عرض هود یک فوت بیش از قطر و یا ابعاد منبع در نظرگرفته شود.

$$D_f = D_S + ۱$$

$$Q_t = ۴.۷(D_f)^{۲.۳۳}(\Delta t)^{۰.۴۲}$$

در این رابطه:

Q_t : حجم کل هوای ورودی به هود– فوت مکعب بر دقیقه

D_f :قطر هود- فوت

Δt : اختلاف دمای محیط و منبع داغ- درجه فارنهایت

میزان جریان کل هوا برای یک هود مستطیل شکل کوتاه خیمه‌ای برابر است با :

$$\frac{Q_t}{L} = ۶.۲B^{۱.۳۳}(\Delta t)^{۰.۴۲}$$

که در این رابطه:

Q_t : حجم کل هوای ورودی به هود – فوت مکعب بر دقیقه

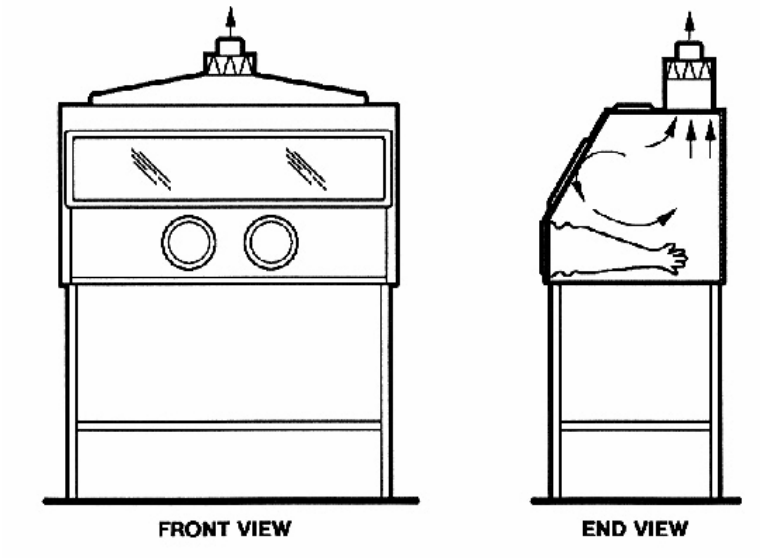
L: طول هود مستطیل شکل – فوت

B: عرض هود مستطیل شکل- فوت

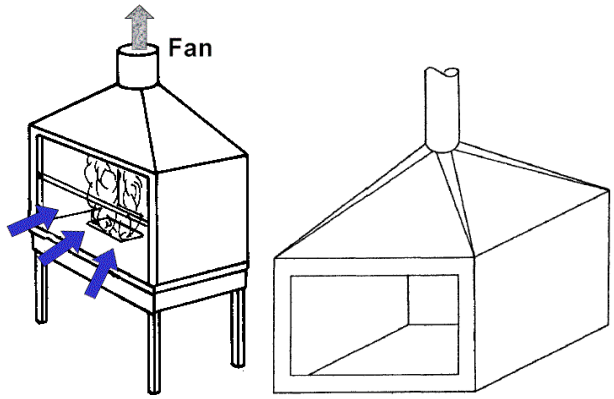
Δt :اختلاف دمای محیط و منبع داغ- درجه فارنهایت

در زیر به چند نمونه از انواع هودها با شکل اشاره می‌کنیم:

۵–۵–۵–۴ هودهای محاصره کننده



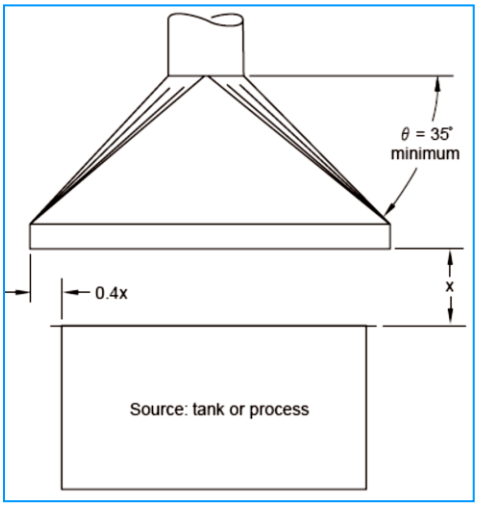
شکل ۵-۴ : محاصره کامل آلودگی



شکل ۵-۵ : محاصره جزئی آلودگی

۵–۵–۵–۵ هود سایبانی یا چتری

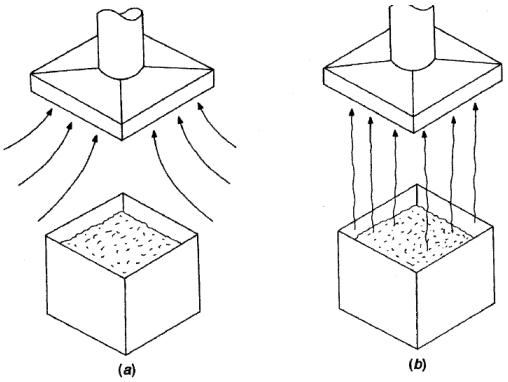
هود چتری برای دریافت آلودگی طراحی شده است و لذا در کنترل بخارات ناشی از فرآیندهای غیرداغ چندان مؤثر نخواهد بود.



شکل ۵-۶ : هود سایبانی

۶–۵–۵–۵ Receptor (receiving) hoods

هودهای دریافت‌کننده یا چتری یا کنوپی مناسب فرآیندهای داغ است.



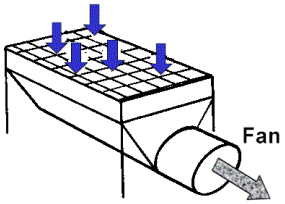
شکل ۵-۷ : هود دریافت کننده

a: فرآیند سرد

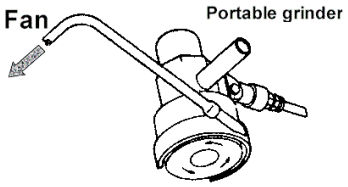
b: فرآیند داغ

Captor (capture) hoods۷–۵–۵–۵

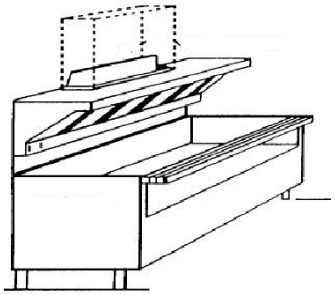
اینگونه هودها بنحوی طراحی می‌شوند که آلودگی‌ها را جذب کند و از فرارآن‌ها پیشگیری نماید لذا طرح آن‌ها بستگی به نوع فرآیند و نحوه تولید آن دارد.



شکل ۵-۸ : هود جذب از پایین*(Down draft hood)*



شکل ۵-۹ : هود جذبی سرعت بالا، حجم پایین

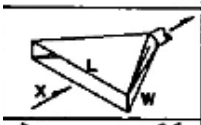
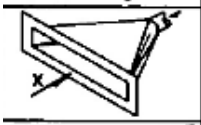
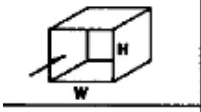


۵-۱۰ : هود جذبی نیمه کناری، مناسب در فرآیندی مانند چربیگیری

Types of Hoods۸–۵–۵–۵

هود شکافی (SLOTTED HOOD) که در واقع جزء هودهای جذب کننده است.

شکل‌های ۵-۱۱ : انواع هودها

HOOD TYPE	DESCRIPTION	ASPECT RATIO $\frac{W}{L}$	AIR VOLUME
	SLOT	0.2 OR LESS	Q=3.7 LVX
	FLANGED SLOT	0.2 OR LESS	Q=2.8 LVX
	PLAIN OPENING	0.2 OR GREATER AND ROUND	$Q=V(10X^2+A)$
	FLANGED OPENING	0.2 OR GREATER AND ROUND	$Q=0.75V(10X^2+A)$
	BOOTH	TO SUIT WORK	Q=VA=VWH
	CANOPY	TO SUIT WORK	Q=1.4 PVD P=PERIMETER D=HEIGHT

شکل‌های ۵-۱۱ : انواع هودها

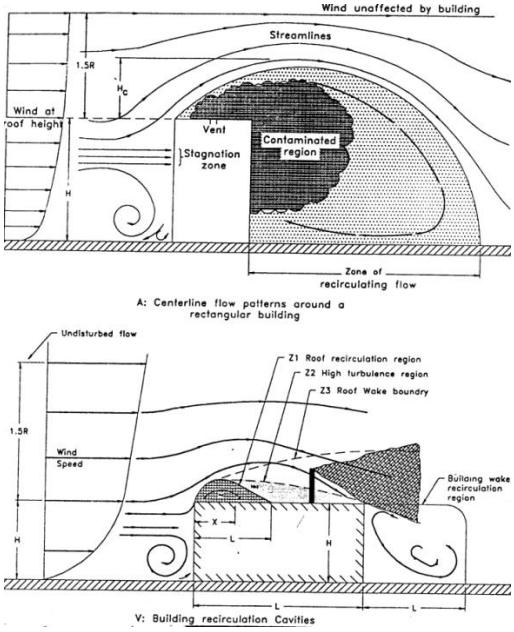
۵–۶ طراحی سیستم‌های مکنده موضعی

سیستم کانال که هود، وسایل تمیزکنندهٔ هوا و هواکش را به یکدیگر وصل می‌کند باید به طور صحیح طراحی گردد.این مرحله بیش از اتصال سادهٔ بخش‌های مختلف کانال به یکدیگر است. چنانچه سیستم به طور دقیق و بگونه‌ای که نهایتاً هوای مورد نیاز از هر مسیر عبور کند طراحی نگردد کنترل آلودگی هوا ناممکن خواهد بود. نتایج مراحل طراحی ذیل اندازه‌های کانال، ضخامت، مواد و نقطهٔ کار (جریان هوا و فشار لازم سیستم) مورد نیاز هواکش سیستم را بدست خواهد داد.

۵–۶–۱ قدم‌های اولیه[۲۲]

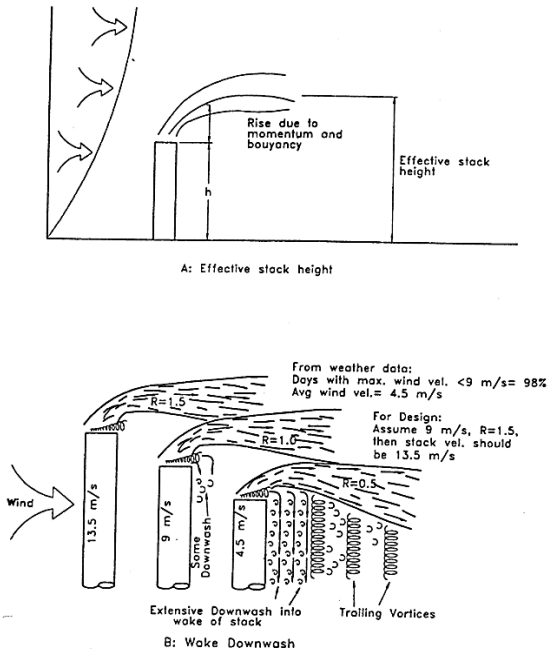
امکانات طراحی را با تمام افراد درگیر از جمله راهبران فرآیند یا وسایل و همچنین افراد تعمیر و نگهداری، بهداشت، ایمنی، حریق و محیط زیست هماهنگ نمائید. طراح باید در شروع محاسبات طراحی اطلاعات زیر را به عنوان حداقل اطلاعات مورد نیاز در اختیار داشته باشد.

۱. نقشهٔ عملیات، اطاق کار، ساختمان (در صورت نیاز) و غیره. مکان‌های در دسترس برای نصب وسایل تمیزکنندهٔ هوا و هواکش نیز باید برآورد گردند. یکی از نکات مهمی که در این زمان باید در نظر گرفته شود مشخص نمودن محل سیستم تخلیه (جایی که هوا از سیستم تهویه خارج می‌شود) می‌باشد. این امر باید بگونه‌ای انجام شود که هوای تخلیه شده از طریق دهانه‌های باز اطراف ساختمان یا از طریق ورودی واحد جایگزین کنندهٔ هوا به ساختمان برنگردد.



شکل ۵-۱۲ : جریان هوا در اطراف ساختمان

۲۲. PreliminarySteps



شکل۵-۱۳ : ارتفاع مؤثر دودکش و اثر رو به پایین

۲. نقشهٔ مسیر کانال‌ها شامل ابعاد افقی و قائم مسیرهای کانال، محل هواکش، جمع‌آوری کننده و غیره.
۳. طراحی اولیه هودهای مناسب برای هر فرآیند که در آن جهت و ارتفاع خروجی برای اتصال به کانال مشخص شده باشد.
۴. اطلاعاتی از جزئیات فرآیندها خصوصاً، سمیت، ارگونومی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، میزان جریان هوا، حداقل سرعت مورد نیاز کانال، افت‌های ورودی و سرعتهای مورد نیاز ربایش.
۵. شیوه و محل وسایل توزیع هوای جایگزین شده را با توجه به عمل هود در نظر بگیرید. نوع و محل این وسایل می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای کنترل آلودگی را از طریق تولید تلاطم ناخواسته در هود کاهش دهد.پلنوم و کانال سوراخ شده، توزیع مناسب‌تر هوای جایگزین شده را با آثار سوء کمتری در عمل هود ممکن می‌سازد.

۵-۶-۲ مراحل طراحی[۲۳]

تمام سیستم‌های مکنده از هود، بخشهای کانال و اتصالات ویژه که به یک هواکش ختم می‌شود تشکیل شده‌اند. یک سیستم پیچیده تقریباً از چند سیستم مکنده ساده که به یک کانال مشترک وصل شده است تشکیل گردیده. به طور کلی دو گروه طرح سیستم کانال وجود دارد که عبارتند از:

۱. سیستم‌های مخروطی[۲۴]
۲. سیستم‌های یکنواخت ساز[۲۵]

سیستم‌های مخروطی

۲۳.Design Procedure

۲۴. Tapered system

۲۵. Plenum Systems

که در آن کانال با اختلاط تدریجی و فزایندهٔ جریانهای هوا به گونه‌ای بزرگ‌تر می‌شود تا سرعت‌ها تقریباًبه طور ثابت حفظ شوند. چنانچه سیستم ذرات (گرد و غبارات، میست و یا بخارات متراکم) را حمل نماید در این صورت سیستم مخروطی حداقل سرعت مورد نیاز برای جلوگیری از ته نشین شدن ذرات را حفظ می‌کند.

سیستم‌های یکنواخت‌ساز

که در آن معمولاً کانال بزرگ‌تر از سیستم مخروطی بوده و سرعت معمولاً پایین است.در کانال‌های بزرگ ذرات موجود در جریان هوا ممکن است ته‌نشین شوند.

۵-۶-۲-۱ مراحل طراحی عملی سیستم‌ها

بدون توجه به نوع سیستم کانال، طراحی عملی هر سیستم شامل مراحل زیر است:

۱. هود مکنده را با توجه به خواص فیزیکی و شیمیایی مواد و ویژگی ارگونومیکی فرآیند انتخاب یا طراحی کنید. سپس میزان جریان هوای آن، حداقل سرعت کانال و افت‌های ورودی را حساب کنید.
۲. از دورترین کانال به هواکش شروع کنید.
۳. از تقسیم جریان هوا به حداقل سرعت انتقال، سطح و نهایتا قطر مورد نیاز هر بخش از کانال را بدست آورید. سپس نتایج حاصل را گرد کرده قطر مناسب را انتخاب نمائید.چنانچه کانال مورد نظر به طور تجاری وجود ندارد باید اولین کانال کوچک‌تر از آن را که در بازار یافت می‌شود انتخاب کرد و مطمئن بود که سرعت انتقال برابر یا بزرگ‌تر از حداقل سرعت موردنیاز باشد.
۴. با استفاده از نقشه، طول هر قطعه از کانال، تعداد و نوع اتصالات (زانویی‌ها، ورودی و سایر اتصالات ویژه) مورد نیاز را بدست آورید.
۵. افت فشار را در هر بخش از سیستم که به یک اتصال مشترک نزدیک می‌شوند محاسبه کنید.
۶. درست پس از هر اتصال و بدون توجه به مسیر جریان در آن نقطه، باید فقط یک فشار استاتیک وجود داشته باشد. اگر چنین نباشد در این صورت سیستم به طور خود بخود متعادل شده و در نتیجه از بخش‌هایی که مقاومت زیادی دارند هوای کمتر و برعکس از بخش‌هایی که دارای مقاومت کمتری هستند جریان بیشتری عبور خواهد کرد تا پس از هر اتصال یک فشار استاتیک بدست آید.
۷. هم تمیزکننده و هم هواکش را برپایهٔ هوای مورد نیاز محاسبه شدهٔ نهایی، دما، شرایط رطوبت، بارآلودگی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و مقاومت کل سیستم انتخاب نمائید.
۸. امکان استقرار کانال‌هایی طراحی شده را در فضای موجود بررسی نموده و وجود مشکلات متقابل را حل کنید (مثلاً آیا زانویی موردنظر واقعاً در فضای موجود جای می‌گیرد). این امر ممکن است منجر به طراحی مجدد بخشی از سیستم گردد.
۹. نوع و ضخامت هر بخش از کانال را برپایهٔ ویژگی‌های جریان هوا بررسی کنید.

۵-۶-۳ محاسبات قطعات کانال[۲۶]

روش فشار سرعت براساس این واقعیت صورت می‌گیرد که تمام افت‌های مالشی (اصطکاکی) و دینامیکی (اتصالات) در کانال‌ها و هودها تابعی از فشار سرعت بوده و از طریق حاصل ضرب یک ضریب افت در فشار سرعت قابل برآورد می‌باشد.

۲۶.Duct Segment Calculation

۵–۶–۴ توزیع جریان هوا[۲۷]

همانگونه که قبلاً بیان گردید یک سیستم مکنده مرکب در واقع گروهی از سیستم‌های مکنده ساده است که به یک کانال اصلی متصل شده‌اند. بنابراین در طراحی یک سیستم با چند هود و شاخه، همان قوانین مشابه اعمال می‌گردد. به هر حال در یک سیستم چند شاخه، لازم است توزیع هوا در بین شاخه‌ها بگونه‌ای صحیح صورت گیرد.هوا همیشه از مسیری که دارای مقاومت کمتری است عبور خواهد کرد. بدین ترتیب در هر اتصال نوعی تعادل طبیعی برقرار خواهد شد. یعنی میزان جریان هوای مکیده شده به طور خودکار خود را بر اساس افت‌های فشار مسیرهای موجود توزیع خواهد نمود. طراح باید هوا را بگونه‌ای توزیع نماید که جریان هوای طرح در هر هود هرگز کمتر از حداقل مقادیر بیان شده نگردد.طراح باید اطمینان یابد که تمام مسیرهای جریان (کانال‌های) ورودی به یک اتصال، دارای فشار استاتیک محاسبه شده مورد نیاز مساوی داشته باشند. برای اجرای این امر، طراح می‌تواند یکی از دو روش را انتخاب نماید.هدف هر دو روش یکی است و عبارت است از بدست آوردن میزان هوای مورد نظر در هر هود سیستم تهویه در ضمن حفظ سرعت دلخواه در هر شاخه و شاخهٔ اصلی.هر دو روش دریچه تنظیم هوا و تعادل از طریق طراحی در ذیل بیان می‌شوند.

۵–۶–۵ روش‌های تعادل شاخه‌های موازی

این کار ممکن است به یکی از روش‌های زیر صورت گیرد:

۱. تعادل از طریق طراحی[۲۸]
۲. دریچه‌های تنظیم هوا[۲۹]

۵–۶–۵–۱ روش تعادل از طریق طراحی

در روش تعادل از طریق طراحی[۳۰] با طراحی و بدون استفاده از دریچه‌های تنظیم هوا میتوان در هر بخش از سیستم به میزان هوای دلخواه رسیده و سیستم را متعادل کرد. اغلب روش تعادل فشار استاتیک نامیده می‌شود. در این روش طراحی، سیستم تهویه به قطعاتی تقسیم شده و معمولاً محاسبات از دورترین قطعهٔ سیستم به هواکش شروع شده و قطعه به قطعه تا هواکش ادامه می‌یابدو جریان هوا به صورت زیر اصلاح می‌شود.

$$Q_{Cor} = Q_{Des}\sqrt{\frac{SP_{Gov}}{SP_{Duc}}}$$

در این رابطه SP_{Gov} فشار استاتیک حاکم عبارت است از فشار استاتیک مورد نظر درنقطهٔ اتصال و SP_{Duc}فشار استاتیک کانال عبارت است از فشار استاتیک محاسبه شده برای قطعهٔ کانال طراحی شده.چنانچه نسبت زیر رادیکال کمتر از ۱/۲ باشد در این صورت مقدار Q اصلاح می‌شود.

۵–۶–۵–۲ روش دریچه تنظیم هوا[۳۱]

مراحل طراحی با استفاده از دریچه‌های تنظیم هوا صورت می‌گیرد. برای رسیدن به هوای دلخواه در هر هود این دریچه‌ها پس از نصب باید تنظیم شوند. با تنظیم دریچه هوا در هر اتصال میزان جریان هوای دلخواه در دو مجرای الحاقی بدست می‌آید. این امر منجر به تعادل فشار استاتیک دلخواه می‌شود.برای طرح‌های سیستم مخروطی که در آن ذرات جابجا می‌شوند این روش ممکن

---

۲۷. Distribution of Air Flow

۲۸.Balanced by Design

۲۹. Blast Gates

۳۰. Balanced by Design Method

۳۱. Gate Method Blast

است منجر به مسدود شدن کانال اصلی در اثر ته نشین شدن ذرات گردد. داده‌ها و محاسبات مربوطه نظیر روش تعادل با طراحی است. در این روش اندازه‌های کانال، اتصالات و میزان جریان هوا تنظیم نمی‌شود و این عمده‌ترین تفاوت با روش قبل است.

۵-۶-۵-۳ انتخاب روش‌ها[۳۲]

در مکان‌هایی که مواد فوق‌العاده سمی کنترل می‌شوند برای اطمینان از عدم افزایش پتانسیل خطر تماس بیش از حد افراد، معمولاً روش تعادل با طراحی انتخاب خواهد شد.در چنین شرایطی در روش دریچه تنظیم هوا، تجمع مواد می‌تواند منجر به تماس بیش از حد افراد گردد. هنگام تهویه مواد قابل انفجار، گرد و غبارات پرتوزا و بیولوژیکی استفاده از این روش اجباری است تا احتمال تجمع مواد و بسته شدن سیستم دریچه هوا برطرف گردد.

۵-۶-۶ سیستم‌های مکنده با محفظه یکنواخت‌ساز[۳۳]

سیستم‌های پلنوم با طرحهایی که قبلاً نشان داده شد متفاوتند برای جلوگیری از ته‌نشین شدن مواد، فقط در شاخهٔ کانال‌ها حداقل سرعت انتقال حفظ می‌شود. کانال اصلی بزرگ اختیار می‌شود و اجازه داده می‌شود تا سرعت‌ها به مقادیر بسیار کمتر از معمول، اغلب اوقات کمتر از ۱۰۰۰ فوت بر دقیقه کاهش یابند. کار کانال اصلی تأمین یک مسیر جریان هوا با افت فشار کم از شاخه‌های اصلی به فیلتر و یا هواکش می‌باشد. این امر به حفظ تعادل تهویه در تمام شاخه‌ها کمک کرده و اغلب انرژی راهبری را به حداقل می‌رساند. از مزایای سیستم‌های تهویه با محفظه یکنواخت سازمی‌توان به این موارد اشاره نمود:

شاخه‌های فرعی را می‌توان اضافه و کم کرده و یا به هر نقطهٔ راحت در طول کانال اصلی جابجا نمود.شاخه‌های فرعی را می‌توان بست و میزان جریان هوا را در کل سیستم بگونه‌ای کاهش داد تا حداقل سرعت انتقال در سایر شاخه‌ها تأمین گردد. کانال اصلی برای ذرات درشت مواد مانند یک پیش تصفیه‌کننده (محفظه ته‌نشینی) عمل کرده و از ورود مواد ناخواسته به هواکش و یا تمیزکننده جلوگیری می‌کند.

از محدودیت‌های این سیستم می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

انتقال مواد چرب و چسبنده که تمایل به مسدود کردن کانال اصلی را دارند مشکل است.انتقال موادی که احتمال خودسوزی دارند باید به دقت صورت گیرد. انتقال گرد و غبارات چوب با این سیستم با موفقیت صورت می‌گیرد. اما در انتقال مواد چسبنده و گرد و غبارات ناشی از سنگ زنی توصیه نمی‌شود. گرد و غبارات قابل انفجار نظیر گرد و غبارات منیزیوم، تیتانیوم و غلات را نباید با این سیستم انتقال داد.

۵-۶-۷ محاسبات فشار هواکش[۳۴]

محاسبات سیستم مکنده بر اساس فشار استاتیک صورت می‌گیرد یعنی تمام فشارهای استاتیک هود، فشارهای حاکم یا متعادل‌کننده در محل تلاقی کانال‌ها بر حسب فشار استاتیک داده می‌شود.این فشارها را می‌توان مستقیماًاندازه گرفت. قبل از انتخاب هواکش لازم است برای برآورد فشار استاتیک هواکش یک سری محاسبات اضافی صورت گیرد.

۵-۶-۷-۱ فشار کل هواکش

فشار کل هواکش[۳۵] عبارت است از افزایش فشار کل در هواکش و برابر است با:

$$FTP = TPoutlet - TPinlet$$

برخی از سازندگان، جداول تعیین هواکش‌های خود را بر اساس فشار کل هواکش تنظیم و ارائه می‌دهند. با توجه به این که TP = SP + VPاست، لذا فشار کل هواکش را می‌توان به صورت زیر نوشت.

۳۲. Choice of Methods

۳۳. Plenum Exhaust Systems

۳۴. Fan Pressure Calculation

۳۵. Fan Total Pressure = FTP

$$FTP = (SP + VP)outlet - (SP + VP)inlet$$

۵-۶-۷- ۲ فشار استاتیک هواکش

انجمن کنترل و حرکت هوا (AMCA) فشار استاتیک هواکش[۳۶] را به صورت زیر تعریف می‌کند. "فشار استاتیک هواکش مساوی است با فشار کل منهای فشار سرعت هواکش". فشار سرعت هواکش عبارت است از فشار مربوط به سرعت هوا در خروجی هواکش". فشار استاتیک هواکش را میتوان با روابط زیربیان کرد:

$$FSP = FTP - Vpoutle$$
$$FSP = SPoutlet - SPinlet - VPinlet$$

فشار سرعت همیشه مثبت، فشار استاتیک ورودی معمولاً منفی و فشار استاتیک خروجی معمولاًمثبت.

۵-۶-۸ اصلاح برای تغییر سرعت[۳۷]

در روش تعادل از طریق طراحی، ممکن است به دلیل محدود بودن اندازه کانال‌های تجاری و یا به دلیل انتخاب کانال مناسب، سرعت در بخش‌های مختلف یک سیستم تهویه موضعی تغییراتی داشته باشد. همانگونه که قبلا" بیان گردید، چنانچه سیستم بدرستی طراحی شده و از اتصالات مناسب استفاده شود افزایش و کاهش جزئی سرعت به طور خودبخود از بین می‌رود.

۵-۶-۸-۱ ورودی کانال‌های فرعی به اصلی[۳۸]

برخی مواقع سرعت در کانال نهایی از بالاترین سرعت در کانال‌های فرعی که به هم وصل می‌شوند بیشتر می‌گردد.چنانچه اختلاف سرعت زیاد باشد برای ایجاد سرعت مازاد نیاز به فشار استاتیک اضافی است. اختلاف ۰/۱ اینچ آب یا بیشتر Q۱بین فشار سرعت لوله اصلی و فشار سرعت حاصل از دو شاخه بایستی اصلاح گردد.فشار سرعت حاصله ویا VP_r ممکن است به صورت زیر ساده شود.

$$VP_r = \left(\frac{Q_1}{Q_3}\right) VP_1 + \left(\frac{Q_2}{Q_3}\right) VP_2$$

که در آن:

VP_r:فشار سرعت حاصل از ترکیب دو شاخه

Q_1 :میزان جریان هوا در شاخهٔ شمارهٔ ۱

Q_2: میزان جریان هوا در شاخهٔ شمارهٔ ۲

Q_3: میزان جریان هوای ترکیب شده که از اتصال خارج می‌شود

اگر VP_3 کمتر ازVP_r باشد، جریان کند شده و فشار استاتیک اضافه شده است. اگر VP_3بزرگ‌تر ازVP_r باشد، جریان تند شده و اختلاف فشار بین VP_3 و VP_r مساوی افت فشار استاتیک لازم برای تولید افزایش انرژی جنبشی بین VP_3 و VP_r است.در اینصورت اصلاح به صورت زیر انجام می‌شود:

$$SP_3=SP_1-(VP_3-VP_r)$$

که در آن:

SP_3 : فشار استاتیک در شاخهٔ اصلی شمارهٔ ۳

SP۱:فشاراستاتیک در شاخهٔ شمارهٔ ۱ که مساوی فشار استاتیک در شاخهٔ ۲ است

VP_3: فشار سرعت در شاخهٔ شمارهٔ ۱

باید توجه داشت که بسیاری از طراحان معتقد به انتخاب محتاطانهٔ هواکش می‌باشند. یعنی بر این باور هستند در زمانی که VP_rبزرگ‌تر از VP_3 می‌باشد باید از اصلاح مربوطه صرف‌نظر کرد. در حالتی که سرعت‌های دو جریان ترکیب‌شونده در حدود ۵۰۰ فوت بر دقیقه با هم اختلاف دارند، این رابطه نتایج قابل قبولی (با خطای کمتر از ۴٪) بدست می‌دهد.

۳۶. Fan Static Pressure

۳۷. Correction for Velocity Changes

۳۸. Branch Entries to Main Dusts

$$VP_r = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{4005(A_1 + A_2)} \right)^2$$

۵–۶–۹ افت اصطکاک برای کانال‌های غیرگرد

برای سیستم‌های تهویه صنعتی از نوع مکشی کانال‌های گرد ترجیح داده می‌شود زیرا به دلیل یکنواخت تر بودن سرعت هوا در این کانال‌ها، از رسوب مواد جلوگیری می‌شود. هم چنین توانایی تحمل فشارهای استاتیک بالاتری را دارند.به هر حال برخی مواقع طراح باید از مجراهایی با شکل‌های دیگر استفاده نماید. یکی از روش‌های برآورد قطر معادلمساوی است با:

$$D_{equ} = 1.3 \frac{(A \times B)^{0.625}}{(A + B)^{0.25}}$$

در این رابطه:

A و B: طول و عرض مقطع کانال (اینچ)

Dequ: قطر معادل کانال (اینچ)

۵–۷ وسایل پاک‌کننده هوا

انواع وسایل پاک‌کنندهٔ موردنیاز برای ذرات (گرد و غبارات) به دو دسته تقسیم می‌شوند:

صافی‌های هوا[۳۹]

غبارگیرها[۴۰]

صافی‌هایهوابرای دفع ذرات در غلظت‌های کم (در حد غلظت‌های هوای بیرون) طراحی شده‌اند. معمولاً در سیستم‌های گرمایش و سرمایش بکار می‌روند. در محل‌هایی که غلظت آلاینده در هوا بندرت از ۱ گرین در هر هزار فوت مکعب تجاوز کرده و اغلب از ۰/۱ گرین در هر هزار فوت مکعب هوا کمتر است بکار می‌روند.غلظت ذرات در هوای مناطق شهری به طور معمول حدود ۰/۰۳۸ گرین بر ۱۰۰۰ فوت مکعب هوا می‌باشد.

غبارگیرها برای بارسنگین‌تر آلودگی ناشی از فرآیندهای صنعتی بکار می روند.غلظت آلاینده در این مکان‌ها از ۰/۱ تا ۲۰ گرین در هر فوت مکعب هوا یا گاز و حتی بیشتر تغییر می‌کند. غبارگیرها قادرند و باید بتوانند ۱۰۰ تا ۲۰۰۰۰ مرتبه بیش از غلظت‌هاییرا که صافی‌های هوا برای آن طراحی می‌شوند تحمل نمایند.

۱ grain/ft^3 = ۲۲۸۸,۱ mg/m^3

۰,۱ grain/ft^3 = ۲۲۸,۸۱ mg/m^3

۲۰ grain/ft^3 = ۴۵۷۶۲ mg/m^3

ماهیت بازار بر کوچکی، ارزانی و در دسترس بودن سریع این وسایل تأکید دارد.تمام دستگاه‌های موجود دارای ساختار و طراحی ضعیف بوده و برای کابردهای سبک مناسب می‌باشند. یکی از جنبه‌های اقتصادی غبارگیر وجود سیستم گردش مجدد هوا می‌باشد که ممکن است این وسیله مورد نیاز بوده و یا نباشد.

۵–۷–۱ انتخاب غبارگیرها

غبارگیرها در طرح‌های متفاوت و با اصول کار گوناگون از نظر کارایی، قیمت اولیه، هزینه راهبردی و نگهداری، فضای مورد نیاز برای نصب، جنس و غیره در دسترس می‌باشند. علاوه بر آن در انتخاب غبارگیرها غلظت آلاینده، کارآیی مورد نظر، خصوصیات جریان گاز، خصوصیات آلاینده، انرژی مصرفی، دفع غبارات جمع شده مهم هستند.

۳۹.Air Filters

۴۰. Dust Collectors

۵-۷-۲ انواع غبارگیرها

چهار دسته از عمده‌ترین انواع غبارگیرها عبارتند از:

۱. رسوب دهنده‌های الکترواستاتیکی
۲. غبارگیرهای پارچه‌ای
۳. جمع‌آوری‌کننده‌های تر
۴. جمع‌آوری‌کننده‌های خشک گریز از مرکز

۵-۷-۲-۱ رسوب دهنده‌های الکترواستاتیکی

یک میدان الکتریکی با اختلاف پتانسیل قوی و با بارهای مخالف بین الکترودهای تخلیه و جمع‌آوری‌کننده برقرار می‌گردد. الکترود تخلیه دارای سطح مقطع کم (نظیر سیم یا مفتول) و الکترود جمع‌آوری‌کننده دارای سطح زیادی نظیر ورقه است.هوای آلوده از میدان الکتریکی بین دو الکترود عبور می‌کند.در یک ولتاژ بحرانی، مولکول‌های گاز به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌گردند.این عمل که یونیزاسیون نامیدهمی‌شود در نزدیکی سطح الکترود تخلیه صورت می‌گیرد. یونهایی که دارای بار همنام الکترود تخلیه هستند ضمن عبور جریان گاز از رسوب دهنده، خود را به ذرات خنثی می‌چسبانند و در نتیجه آن‌ها را نیز باردار می‌کنند.ذرات باردار به وسیله الکترودی که دارای بار مخالف است یعنی الکترود جمع‌آوری‌کننده جذب می‌شوند.به محض تماس ذرات با سطح الکترود جمع آوری کننده بار خود را از دست داده و به سادگی می‌توان از طریق شستن، لرزش یا نیروی جاذبه آن‌ها را جمع کرد.

۵-۷-۲-۲ جمع آوری کننده‌های پارچه‌ای

غبارگیرهای پارچه‌ای، ذرات را از طرق الک کردن، برخورد، گیراندازی، پخش، بار الکتریسیتهٔ ساکن جدا می‌سازند.

۵-۷-۲-۳ جمع‌آوری‌کننده‌های تر

در طرح‌های متفاوتی با افت فشاری از ۱/۵ تا ۱۰۰ اینچ آب در دسترس می‌باشند. از نظر کاری نیز ممکن است نحوهٔ عمل آن‌ها متفاوت باشد. کارآیی آن به انرژی داده شده به آب یا هوا بستگی داشته و به اصول کار دستگاه بستگی ندارد. راندمان دستگاه تابعی از انرژی کل ورودی به ازاء هر فوت مکعب گذر حجمی هوا می‌باشد که ممکن است به هوا یا آب اعمال گردد. با جمع‌آوری‌کننده-های تر می‌توان گازهای با دما و رطوبت بالا را تصفیه نمود. جمع‌آوری غبار در فرم تر مشکلات ثانویهٔ ناشی از دفع مواد جمع شده را ندارد. اما جمع‌آوری آن‌ها به صورت تر موجب کاهش و یا حذف مخاطرات حریق و انفجار در محیط کار می‌گردد.

انواع جمع آوری کننده‌های تر

۱. محفظه یا برج اسپری(Spray Chamber or Tower)
۲. شستشودهنده‌های آکنده(Packed Towers)
۳. غبارگیر تر گریز از مرکز (Wet Centrifugal Collector)
۴. رسوب‌دهنده‌های تر دینامیکی (Wet Dynamic Precipitators)
۵. اریفیس‌ها (Orifice Type)
۶. ونتوری‌ها(Venturies)

۵-۷-۲-۴ جمع‌آوری‌کننده‌های خشک گریز از مرکز

این وسایل ذرات موجود در جریان هوا را با استفاده از نیروی گریز از مرکز و یا ترکیبی از نیروهای گریز از مرکز، اینرسی و جاذبه جدا می‌کنند. راندمان جمع آوری به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. **اندازه، وزن و شکل ذره:**با بزرگ‌تر شدن اندازه و وزن ذره و همچنین کروی‌تر شدن ذره کار دستگاه بهبود می‌یابد.
۲. **اندازه و طرحجمع‌آوری‌کننده:**برای جمع آوری ذرات بسیار ریز توسط وسایل مکانیکی، لازم است دستگاه طوری ساخته شود تا نیروهای مکانیکی به بهترین وجهی تأمین شده و با نیازهای کاربرد معین سازگار شوند.

۳. **سرعت**: افت فشار در یک سیکلون تقریباً با مربع سرعت ورودی افزایش می‌یابد. البته سرعت بهینه‌ای نیز وجود دارد که تابعی از طرح جمع‌آوری‌کننده، خصوصیات گرد و غبارات، دما و چگالی گاز می‌باشد.
۴. **غلظت گرد وغبار**: معمولاً با افزایش غلظت گرد و غبار، کار جمع‌آوری‌کننده‌های مکانیکی بهتر می‌شود.

جداکننده‌های گرانشی یا محفظه‌های ته‌نشینی

جداکنندهٔ گرانشی از محفظه یا اتاقکی تشکیل شده است که سرعت جریان هوا در داخل آن یکباره کاهش می‌یابد به طوری که ذرات در اثر گرانش ته نشین می‌شوند. نیاز به فضای بسیار بزرگی بوده و جریان‌های گردابی قابلیت این روش را در جداسازی ذرات ریز کاهش می‌دهد. لذا فقط ذرات درشت را می‌توان با این وسایل جدا نمود.

جداکننده‌های اینرسیال

این جداکننده‌ها بر اساس ناتوانی ذرات گرد و غبار در چرخش سریع و نیز به دلیل بیشتر بودن نیروی اینرسی آن‌ها از نیروی اینرسی جریان هوای حاصل کار می‌کنند. برای ایجاد چرخش ناگهانی ۱۲۰ درجه و بیشتر از تیغه‌ها یا دریچه‌هایی استفاده می‌شود. جداکننده‌های اینرسیال با طراحی خوب قادرند ذرات ۱۰ تا ۲۰ میکرونی را با راندمان حدود ۹۰٪ جدا کنند.

رسوب دهنده‌های دینامیکی

رسوب دهندهٔ دینامیکی مرکب از هواکش و جمع‌آوری‌کننده‌ای است که دارای تعداد زیادی تیغه با شکل خاص و چسبیده به یک دیسک مقعر می‌باشد. چرخش پره‌ها، نیروی لازم را برای کشیدن هوای حامل ذرات و چرخش آن در یک قوس نزدیک به ۱۸۰ درجه تأمین می‌کند.عمل چرخش و جداسازی ذره قبل از عبور آن از پیچ خروجی صورت می‌گیرد. ذرات غبار توسط نیروی گریز از مرکز به درون تیغه‌ها پرتاب می‌شود و از آنجا توسط یک مدار ثانویه به قیف زیرین دستگاه منتقل می‌شوند.

جمع‌آوری‌کننده سیکلون‌ها

سیکلون‌ها معمولاً برای جداسازی ذرات درشت از جریان هوا، به عنوان پیش تمیزکننده برای غبارگیرهای راندمان بالا و یا به عنوان جداکنندهٔ محصولات در سیستم‌های نقاله بادی بکار می‌روند. از مزایای اصلی آن قیمت پایین، نگهداری کم هزینه و افت فشار نسبتاً کم آن (از ۰/۷۵ تا ۱/۵ اینچ آب) می‌باشد. سیکلون‌ها برای جمع‌آوری ذرات ریز مناسب نیستند.

جمع‌آوری‌کننده‌های گریز از مرکز با راندمان بالا

این جمع‌آوری‌کننده‌ها به ذرات موجود در جریان هوا نیروی گریز از مرکز بالایی اعمال می‌کنند. از آنجایی که نیروی گریز از مرکز تابعی از سرعت و شتاب زاویه‌ای است. با رعایت افزایش سرعت ورودی، افزایش طول بدنهٔ سیکلون و مخروط آن، استفاده از چند سیکلون موازی با قطر کم، قرار دادن واحدها به طور سریراندمان جداسازی ذرات بهبود می‌یابد. در حالیکه جمع‌آوری‌کننده‌های فوق برای ذرات ریز مانند رسوب دهنده‌های الکترواستاتیکی، پارچه‌ای و تر مؤثر نیستند، محدودهٔ جمع‌آوری مؤثر آن‌هابه طور قابل ملاحظه‌ای بیش از دیگر وسایل مکانیکی است. افت‌های فشار در این گروه از جمع‌آوری‌کننده‌ها بین ۳ تا ۸ اینچ آب می‌باشد.

۵–۷–۳ کنترل آلاینده‌های بخار، گاز و میست

شستشودهنده‌های آکنده (PackedTowers) تنها و اصلی‌ترین وسیلهٔ جمع‌آوری میست، گاز و بخار می‌باشند. خصوصیات آیرودینامیکی آئروسول میست بسیار شبیه آئروسول‌های غبار یا دمه بوده و میست را می‌توان با بکارگیری اصول مورد استفاده در جداسازی ذرات جامد از جریان هوا جدا نمود. اغلب وسایلی که قبلاً توصیف شد یا وسایل بسیار مشابه، برای جمع‌آوری میست بکار می‌روند. جمع‌آوری‌کننده‌های تر استاندارد برای جمع‌آوری اغلب میست‌ها بکار می‌روند. برای جمع‌آوری میست‌های اسید سولفوریک و روغن‌ها اغلب از رسوب دهنده‌های الکترواستاتیکی با طراحی خاص استفاده می‌شود. حتی جمع‌آوری‌کننده‌های پارچه‌ای یا گریز از مرکز که قبلاً بدان‌ها اشاره شد نیز به طور وسیعی برای جمع‌آوری میست‌های (روغنی) تولید شده در ماشینکاری‌های سریع بکار می‌روند.

۵-۷-۴ جمع‌آوری‌کننده‌های آلاینده‌های گازی

وسایلی که مخصوص کنترل آلاینده‌های گازی و بخار طراحی می‌شوندبه صورت زیر طبقه‌بندی می‌گردند:

۱. جاذب‌ها(Absorbers)
۲. جاذب‌های سطحی(Absorbers)
۳. اکسید کننده‌های گرمایی (ThermalOxidizers)
۴. سوزاننده‌های مستقیم (DirectCombustors)
۵. اکسیدکننده‌ها کاتالیستی (CatalystOxidizers)

۵-۷-۴-۱ جاذب‌ها

جاذب‌ها آلاینده‌های گازهای شکل را از طریق تماس با یک مایع مناسب از جریان هوا جدا می‌سازند.آب معمول‌ترین جاذب است، اما اغلب مواد افزاینده نیز لازم است و گه‌گاه مایعات شیمیایی دیگر نیز باید بکار روند. برج‌های آکنده از جاذب‌های عمومی محسوب می‌شوند.

۵-۷-۴-۲ جاذب‌های سطحی

در این وسایل، آلاینده از طریق جمع‌آوری بر روی یک جامد جدا می‌گردد. از آنجایی که جذب سطحی یک فرآیند فیزیکی است که در آن مولکول‌های گاز به سطوح جامد می‌چسبند لذا هیچگونه واکنش شیمیایی صورت نمی‌گیرد. کربن فعال یا الک‌های مولکولی (مولکول‌های متخلخل) از جاذب‌های عمده و مشهور می‌باشند.

۵-۷-۴-۳ اکسیدکننده‌های گرمایی (پس سوزها)

در جایی که آلاینده قابل سوختن است می‌توان از اکسیدکننده‌های گرمایی یا پس سوزها استفاده کرد. در این وسایل، جریان هوای آلوده به یک وسیلهٔ گرم‌کننده و یا دارای شعلهٔ باز که دارای محفظه‌ای است هدایت می‌شود. در آنجا مواد قابل احتراق سوخته، تولید دی‌اکسید کربن و بخار آب می‌نمایند. مواد قابل احتراق اغلب در دمای بین ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ درجهٔ فارنهایت می‌سوزند. برای سوختن کامل گاز در محفظه نیاز به زمان و جریان کافی است.

۵-۷-۴-۴ سوزاننده‌های مستقیم

تفاوت این وسایل با اکسیدکننده‌های گرمایی در این است که در این وسایل آلایندهٔ گازی، هوا و سوخت مستقیماً به سوزاننده هدایت می‌شوند. سوخت اضافی معمولاً گاز طبیعی، گازوئیل و یا سایر سوخت‌های فسیلی است. اغلب برای شروع احتراق و برخی مواقع برای ادامهٔ آن نیاز به سوخت می‌باشد.

۵-۷-۴-۵ اکسیدکننده‌های کاتالیستی

این وسایل ممکن است در جائیکه آلاینده قابل احتراق است بکار روند.جریان گاز آلاینده قبلاً گرم و سپس از یک بستر کاتالیستی عبور داده می‌شود.کاتالیست، اکسیداسیون مواد قابل احتراق را بهبود می‌بخشد و آلاینده‌ها در اثر سوختن به دی‌اکسید کربن و بخار آب تبدیل می‌شوند. معمولاً فلزات خانوادهٔ پلاتینوم که در دمای ۷۰۰ تا ۹۰۰ درجه اکسیداسیون را بهبود می‌بخشند بکار می‌روند.برای استفاده از اکسیداسیون حرارتی یا کاتالیستی، غلظت آلایندهٔ قابل احتراق باید کمتر از حد پایین قابلیت اشتعال یا انفجار باشد. هنگامیکه جریان هوا دارای ذرات جامد نیز می‌باشد در کاربرد وسایل مخصوصی که برای کنترل آلاینده‌های گاز و بخار طراحی شده‌اند باید دقت کافی به عمل آید.زیرا ذرات جامد ممکن است سبب انسداد جاذب‌ها، جاذب‌های سطحی و کاتالیستی شده و چنانچه غیرقابل احتراق باشند در اکسیدکننده‌های گرمایی و یا سوزاننده‌های مستقیم نیز از بین نخواهند رفت. برای تصفیهٔ جریان هوایی که هم شامل ذرات جامد و هم آلاینده‌های گازی شکل است ممکن است از وسایل کنترل مربوط به هر یک به طور سری و توأم استفاده کرد.

۵–۷–۵ جمع آوری کننده‌های واحد[۴۱]

مجموعه‌ای از غبارگیر(معمولاً پارچه‌ای) و هواکش با ظرفیت حدود ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ فوت مکعب بر دقیقه.نیاز به فضای کمی داشته و نصب آن‌ها آسان است.هوای تمیز مجدداً در کارگاه به جریان افتاده و ممکن است کانال تخلیه نیز بکار رود. هنگامیکه لازم است هوای تمیز مجدداً به چرخش در آید، لازم است موازینی رعایت گردد.جمع‌آوری کننده‌های واحد به طور وسیعی خصوصاً در صنایع فلزکاری، فرآیندهای مولد غبارقابل حمل، مجزا، آن‌هایی که به طور موقت و به کرات جابجا شده یا به طور متناوب استفاده می‌شوند به کار می‌روند.

۵–۷–۶ انتخاب تجهیزات پاکسازی هوا

تجهیزات پاکسازی هوا در طرح‌ها و قابلیت‌های گسترده‌ای در دسترس می‌باشند. قابلیت عمل آن‌ها از صافی یک اجاق خانگی تا "اتاق‌های تمیز" در صنایع الکترونیک که در آن هوا باید هزار بار تمیزتر از هوای اتاق‌های عمل بیمارستان‌ها باشد تغییر می‌کند. انتخاب، بر اساس کارآیی، ظرفیت نگهداری غبار و افت فشار صورت می‌گیرد. پنج روش اساسی پاکسازی هوا به شرح زیر وجود دارد.

- الک کردن (Straining)
- برخورد (Impingement)
- بازدارندگی(Interception)
- انتشار (Diffusion)
- الکترواستاتیک (Electrostatic)

۵–۷–۷ فرآیندهای پرتوزا و فوق‌العاده سمی

برای استفاده از تجهیزات پاک‌کنندهٔ هوا در فرآیندهای پرتوزا و فوق‌العاده سمی، این تجهیزات باید دارای سه خصوصیت زیر باشند.

- راندمان بالا
- نگهداری کم
- دفع ایمن

به دلیلاین کهمحدودهٔ تغییرات کمی و کیفی خروجی دودکش فوق‌العادهپایین بوده و هزینهٔ جابجایی مواد بالاست لذا ضروری است راندمان این تجهیزات بالا باشد. تمایل به جمع شدن کمتر مواد باقیمانده در صافی است زیرا با افزایش مقدار مواد میزان دز افزایش یافته و در نتیجه زمان کار مجاز را کاهش می‌دهد.

دفع مواد پرتوزا و فوق‌العاده سمی توسط هوا، آب و خاک مسئلهٔ جدی و بسیار مشکلی است.به عنوان مثال، صافی‌هایی که به روش الک کردن عمل می‌کنند (غربالی) را زمانیکه از غبار پرتوزا پر شدند معمولاً می‌سوزانند تا مقدار موادی که باید از طریق دفن در زمین دفع شوند کاهش یابد. زباله سوز نیاز به تجهیزات پاک‌کنندهٔ هوا نظیر جمع‌آوری‌کنندهٔ تر با طراحی بسیار ویژه خواهد داشت تا از آلودگی بیش از حد مجاز هوا و آب جلوگیری کند.با توجه به این عوامل، لازم است وسیلهٔ پاک‌کننده‌ای انتخاب گردد که ضمن داشتن کارآیی لازم در جابجایی و دفع مواد، مشکلات زیادی را فراهم نسازد.

صافی‌های واحدی که اختصاصاً با کارآیی بالا و نگهداری پایین طراحی شده‌اند در دسترس می‌باشند. تعویض سریع این واحدها از طریق یک دیوارهٔ پلاستیکی و محبوس کردن صافی‌های مصرف شده برای کاهش میزان تماس پرسنل با مواد پرتوزا و فوق‌العاده سمی می‌باشد. برای این نوع صافی‌ها، استاندارد کارآیی پاکسازی ۹۹/۹۷ درصد از طریق شمارش ذرات ۰/۳ میکرونی می‌باشد.

۴۱. Unit Collectors

۵–۷–۸ دریچه انفجار

بسیاری از غبارات قابل احتراق بوده و در محدودهٔ غلظت‌های معینی قابل انفجار می‌باشند. در صورتیکه احتمال وجود ترکیب انفجارآمیز غبار و هوا وجود دارد، تجهیزات غبارگیر باید برای کاهش خطر صدمات وارده به اموال و جراحات وارده به پرسنل، طراحی شوند. به جای آن می‌توان اتاقک غبارگیر را بگونه‌ای طراحی کرد تا امکان افزایش قابل ملاحظهٔ فشار ناشی از انفجار را داشته باشد. و یا آن را مجهز به دریچه‌های انفجار کرده و برای افزایش کمتر اما هنوز قابل توجه فشار با وجود دریچه طراحی کرد. دریچه‌های انفجار راه‌های معمول و اختیاری دسترسی به تجهیزات غبارگیر می‌باشند.

۵–۸ آشنایی با هواکش‌های صنعتی و نحوه عملکرد آن‌ها

برای به حرکت در آوردن هوا در یک سیستم تهویه و نیز غلبه بر افت‌های موجود در سیستم به انرژی نیاز است. این انرژی ممکن است به صورت جابه جایی طبیعی یا شناوری باشد. به هر حال اغلب سیستم‌ها احتیاج به نوعی وسیلهٔ به حرکت در آورنده و نیرو دهنده هوا نظیر هواکش دارند. وسایل بحرکت درآورندهٔ هوا را می‌توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد:

- هواکش‌ها یا بادبزن‌ها[۴۲]
- تخلیه‌کننده‌های هوا یا برونپاش‌ها[۴۳]

تخلیه‌کننده‌های هوا دارای راندمان عمل پایینی بودهو فقط برای جابجایی مواد خاص بکار می‌روند.

۵–۸–۱ تخلیه کنندهٔ‌های هوا (برونپاش‌ها)

این وسایل هوا را از طریق القاء تولید می‌کنند و برای انتقال جریانهای هوایی که شامل مواد خورنده، قابل اشتعال، قابل انفجار، داغ و چسبنده هستند و ممکن است به هواکش آسیب وارد نموده، شرایط کاری خطرناکی داشته یا عمل هواکش را به زودی مختل کنند ساخته شده و بکار می‌روند. برونپاش‌ها ممکن است در وسایل نقاله بادی نیز بکار روند.

۵–۸–۲ هواکش‌ها (بادبزن‌ها)

هواکش‌ها وسایل اصلی و عمدهٔ بحرکت درآورندهٔ هوا بوده و در کاربردهای صنعتی بکار می‌روند. هواکش‌ها را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

۱. هواکش‌های محوری
۲. هواکش‌های گریز از مرکز
۳. هواکش‌های مخصوص

هواکش‌های محوری برای گذر هوای بالا و مقاومت کم وهواکش‌های گریز از مرکز برای گذر هوای کم و مقاومت بالا بکار می‌روند.

۵–۸–۲–۱ هواکش‌های محوری

سه نوع هواکش محوری[۴۴] عمده به شرح زیر وجود دارد

- ملخی(Propeller Fans)
- لوله محوری(Tube axial Fans)
- پره محوری (با لولهٔ هدایت هوا)(Venial Fans)

۴۲.Fans

۴۳.Ejectors

۴۴. Axial Fans

۵–۸–۲–۲ هواکش‌های گریز از مرکز[۴۵]

تیغهٔ این هواکش‌ها به شرح زیر می‌باشند:

- خمیده به جلو
- شعاعی
- خمیده به عقب

۵–۸–۲–۳ هواکش‌های نوع ویژه

۱. هواکش‌های خطی گریز از مرکز
۲. ونتیلاتورهای قوی سقفی (تخلیه‌کننده‌های قوی)
۳. مجموعهٔ هواکش و غبارگیر

۵–۸–۳ انتخاب هواکش[۴۶]

هواکش باید فشار و گذر هوای موردنیاز سیستم را تأمین کند. با کلیهٔ شرایط سیستم یعنی خصوصیات هوا، دمای کار، خصوصیات آلاینده‌ها، نحوهٔ کار و نصب آن سازگاری داشته باشد.

۵–۸–۳–۱ جدول‌های تعیین هواکش

اندازهٔ هواکش، دور موتور RPMو توان حقیقیBHPآن معمولاً بر اساس مقدار فشار، گذر حجمی موردنیاز و با استفاده از جدول‌های تعیین هواکش مشخص می‌شود. جدول‌های تعیین هواکش بر اساس فشار کل یا استاتیک هواکش تهیه می‌شوند. فشار کل و استاتیک هواکش را می‌توان از رابطه‌های زیر بدست آورد:

$$FanTP = (SP_{Outlet} + VP_{Outlet}) - (SP_{Inlet} + VP_{Inlet})$$
$$FanSP = SP_{Outlet} - SP_{Inlet} - VP_{Inlet}$$

۵–۸–۳–۲ توان هواکش

جدول‌های تعیین هواکش بر اساس گذر هوای استاندارد بوده و لازم است این موضوع در نظر گرفته شود. برای یک فشار معین، بالاترین راندمان مکانیکی در یکسوم ستون گذر هوای جدول بدست می‌آید. بعضی از سازندگان، فشارهایی را که در آن هواکش بالاترین راندمان را دارد تعیین می‌کنند. مقدار راندمان را می‌توان از رابطهٔ زیر بدست آورد.

$$\eta = \frac{Q \times FTP}{6356 \times PWR} \quad \Rightarrow \quad PWR = \frac{Q \times FTP}{6356 \times \eta}$$

$\square$ راندمان یا بازده مکانیکی هواکش

Q گذر حجمی هوا برحسب فوت مکعب بر دقیقه

FTP فشار کل هواکش که مساوی است با $FSP + VP_{outlet}$

PWR توان مورد نیاز هواکش برحسب اسب بخار

۵–۸–۳–۳ قوانین هواکش‌ها

قوانین هواکش‌ها عبارتند از رابطهٔ عوامل مختلف کار هواکش‌های مشابه. برخی از این قوانین عبارتند از:

۴۵.Centrifugal Fans

۴۶. Fans Selection

$$Q_2 = Q_1\left(\frac{SIZE_2}{SIZE_1}\right)^3\left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)$$

$$P_2 = P_1\left(\frac{SIZE_2}{SIZE_1}\right)^2\left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^2\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)$$

$$PWR_2 = PWR_1\left(\frac{SIZE_2}{SIZE_1}\right)^5\left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^3\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)$$

۵–۸–۳–۴ قوانین هواکش‌ها – تأثیردور موتور

برای بررسی تأثیر یک عامل سایر عوامل مؤثر ثابت در نظر گرفته می‌شود.دراینصورت مثلاً برای تأثیر دور موتور داریم:

$$Q_۲ = Q_۱\left(\frac{RPM_۲}{RPM_۱}\right)$$

$$P_۲ = P_۱\left(\frac{RPM_۲}{RPM_۱}\right)^۲$$

$$PWR_۲ = PWR_۱\left(\frac{RPM_۲}{RPM_۱}\right)^۳$$

۵–۸–۳–۵ قوانین هواکش‌ها – تأثیردور چگالی گاز

میزان گذر حجمی با تغییر چگالی گاز تغییر نمی‌کند، فشار و توان متناسب با تغییرات چگالی گاز تغییر می‌کنند:

$$Q_2 = Q_1$$

$$P_2 = P_1\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)$$

$$PWR_2 = PWR_1\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)$$

۵–۸–۳–۶ انتخاب هواکش در چگالی هوای غیر استاندارد

تغییرچگالی گاز بر کار هواکش تأثیر می‌گذارد.هنگامی که در اثر تغییرات دما، رطوبت، ارتفاع از سطح دریا، فشار، ترکیب گاز یا ترکیبی از این عوامل، چگالی هوا بیش از ۵ درصد از مقدار استاندارد یعنی ۰/۰۷۵ پوند بر فوت مکعب تغییر کند، لازم است چگالی اصلاح گردد. فشار معادل و توان حقیقی مساوی است با:

$$P_e = P_a\left(\frac{\rho_s}{\rho_a}\right) \quad \Rightarrow \quad PWR_a = PWR_t\left(\frac{\rho_a}{\rho_s}\right)$$