صوت و صدا در تاسیسات (بخش اول)

نویسنده: دکتر وحید وکیل الرعایا

۱- مقدمه

صدا سرعت انتشاری تقریبا برابر با ۳۴۰ m/s در هوای ۱۵ سانتی‌گراد دارد به ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دمای هوا ۰/۶ m/s به این سرعت اضافه می‌شود. سرعت نشر صدا در محیط‌های مختلف متفاوت است. سرعت صوت در جامدات بیش از مایعات و در مایعات بیش از گازها است و این امر وابسته به چگالی است.

صدا در خلا منتشر نمی‌شود و بسته به ترکیب آن اثرات ناخوشایند و خوشایندی بر انسان می‌گذارد. از طرفی انرژی صوتی نوعی از تبدیل انرژی است که معمولا به‌طور ناخواسته در سامانه به‌وجود می‌آید و باعث تلفات انرژی می‌گردد و در صورت عدم کنترل آن و ایجاد پدیده تشدید می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری به سامانه وارد کند. لذا شناخت اصول فیزیک حاکم بر ارتعاش و امواج صوتی حاصل از آن و روش‌های کنترل آن برای مهندسین و طراحان حایز اهمیت است.

۲- موج

عبارت است از آشفتگی یا برهم خوردن تعادل به‌صورت منظم یا نامنظم و راهی برای انتقال انرژی می‌باشد. امواج بسته به ماهیت خود قابل انتشار در دیوارهای مادی و یا خلا هستند. امواج به‌طور کلی به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

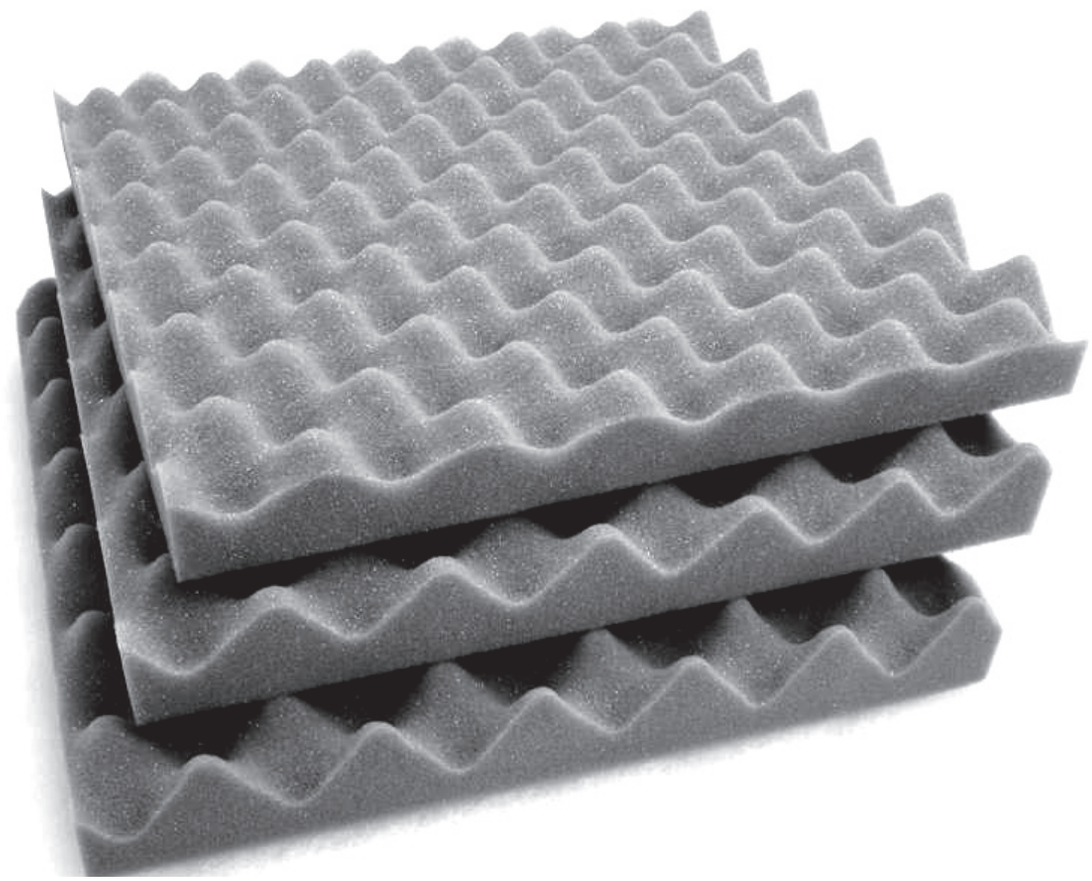
۱- امواج مکا-ی

۲- امواج الکترومغناطیسی

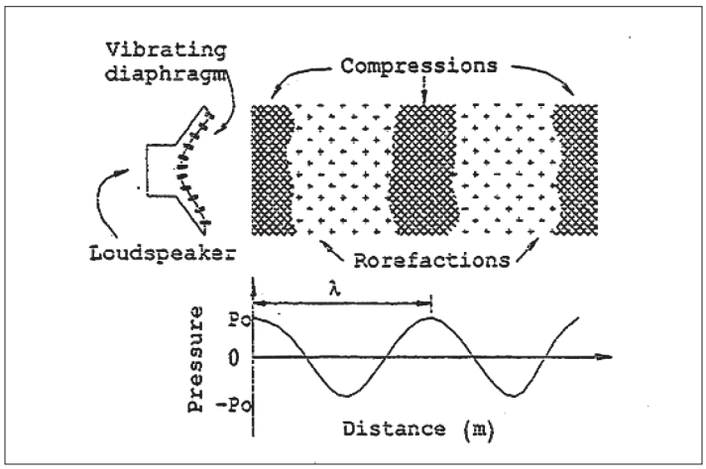
موضوع بحث در این نوشتار فقط امواج مکانیکی می‌باشد و حالت دوم از حدود این بحث خارج است.

۲-۱- امواج مکانیکی

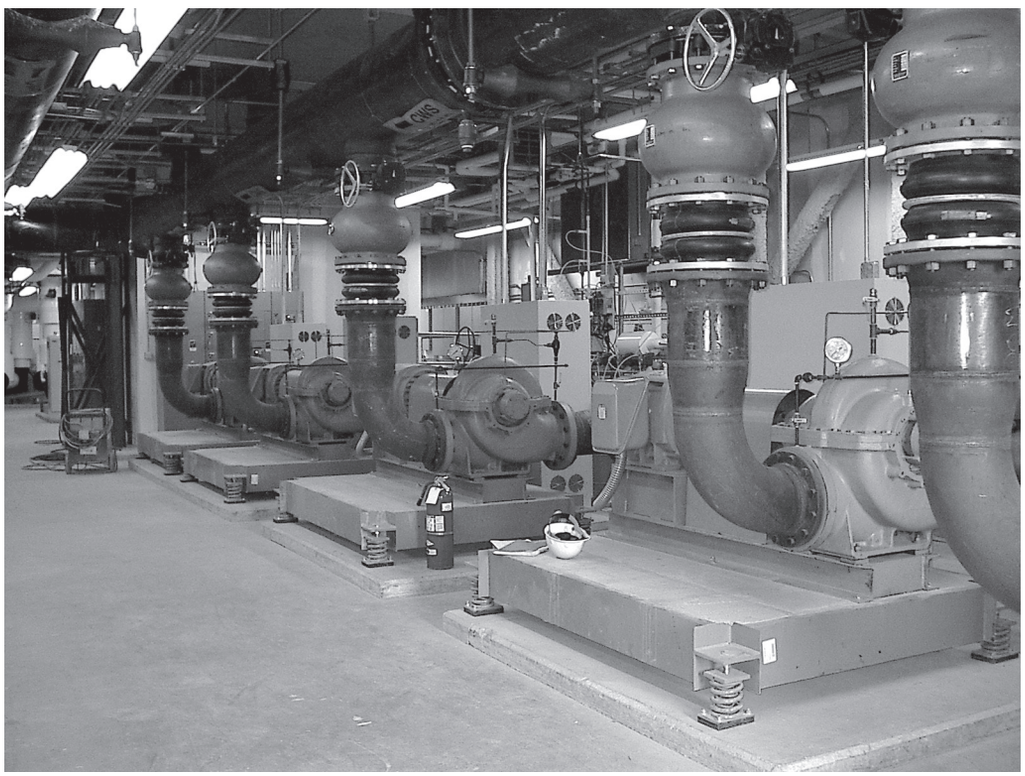
این امواج از تغییر مکان قسمتی از محیط کشسان نسبت به وضعیت تعادل خود ناشی می‌شود. این امر به نوبه خود سبب نوسان محیط می‌گردد. به علت خواص کشسانی (فنری) محیط، آشفتگی از لایه‌ای به لایه دیگر منتقل می‌گردد. در این پدیده کل محیط به همراه موج منتقل نمی‌شود بلکه فقط اجزا محیط در مسیرهای محدودی (در راستای معین) نوسان می‌کنند.



www.farasardco.com شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص
www.takban.com TAKBAN نگیان کنترل انرژی
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران



شکل ۱: موج سینوسی



به‌طـــور مثال یک قطعه چوب پنبـــه بر روی امواج آب را در نظر بگیرید، ملاحظه می‌شـــود که حرکت قسمت‌های محیط آب محدود بـــوده و جابه‌جایی مختصری در جهت بالا، پایین و عقب و جلو انجام می‌شود. با این حال حرکت موجود را تا فواصل دور بر روی آب می‌توان مشاهده نمود.

حرکت موجـــی می‌تواند انرژی را تا مســـافت‌های دور انتقال دهد؛ بـــه عبارت دیگر انـــرژی در امواج همان انرژی جنبشـــی و پتانســـیل ماده اســـت که در کل توده یک محیط دســـت به‌دست می‌گردد (تبدیل انرژی).

۳- چگونگی تولید صوت

نوسان ممتد یک جسم جامد مثل یک دیاپازون یا یک دیافراگم بلندگو و یک پره هواکش، سبب ارتعاش مولکول‌های هوای همجوار می‌شود و این ارتعاش از یک مولکول به مولکول دیگر منتقل می‌شود.

ســـاده‌ترین امواج صوتی، امواج سینوســـی هستند که دارای سه مشخصه بســـامد f، طول موج λ و دامنه y مشخص بوده و به‌طور

هر آنچه از صنعت تهویه و تاسیسات می خواهید یکجا بیابید!
تاسیسات کتاب سال کشور hvac guide book
تلفن: ۷۷۶۰۳۸۸۳ تلفن: ۷۷۶۰۷۶۲۲
ایران جهش Iran Jahesh
www.iranjahesh.com
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند

جدول ۱- ارتباط بین شدت، فشار و تراز صوت

شدت (وات بر مترمربع)	فشار (پاسکال)	دسی‌بل dB	مثال
10^{-12}	2×10^{-5}	0	آستانه شنوایی
10^{-11}	6.3×10^{-5}	10	نجوا
10^{-10}	2×10^{-4}	20	
10^{-9}	6.3×10^{-4}	30	باغ و صحرا
10^{-8}	2×10^{-3}	40	اطاق آرام
10^{-7}	6.3×10^{-3}	50	مکالمه معمولی
10^{-6}	2×10^{-2}	60	
10^{-5}	6.3×10^{-2}	70	سالن مراجعه
10^{-4}	2×10^{-1}	80	اداره شلوغ
10^{-3}	6.3×10^{-1}	90	ترافیک شهری
10^{-2}	2	100	در نقاط شلوغ
10^{-1}	6.3	110	بوق از فاصله کم
1	200	120	برخاستن هواپیما
10	630	130	کلنگ پنوماتیک
100	2000	140	آستانه دردناکی

ســـاده در شکل (۱) نمایش داده شده است. پارامترهای بالا به‌صورت زیر به هم مربوط می‌شوند.

(۱)

ρ_S

T: زمان تناوب (S)

V: سرعت (m/s)

۴- سرعت موج صوتی

این ســـرعت در یک محیط مادی بستگی به خاصیت کشسانی محیط دارد. محیط‌های گوناگون دارای کشسانی و اینرسی مخصوص به خود هســـتند و تحـــت این خواص موج صوتـــی در آن‌ها تولید و منتشر می‌شود.

در گازهـــای کامـــل و هـــوا ایـــن خواص وابســـته بـــه خواص ترمودینامیکی گاز شـــامل تغییرات حجم و فشار گاز و تغییرات دما می‌باشد اما به‌عنوان یک اصل کلی هرچه جرم مخصوص مواد بیشتر باشد سرعت انتشـــار موج در آن‌ها بیشتر خواهد بود لذا در جامدات بیش از مایعات و در مایعات بیش از گازها است.

سرعت موج در هوا طبق رابطه لاپلاس به قرار زیر است:

(۲)

$V = 20.05\sqrt{T_g}$

$T_g = (K)$ دمای مطلق هوا

مثال ۱: سرعت صوت را در هوای صفر و ۲۰ درجه حساب کنید.

$T_k = 0^{\circ C} + 273 = 273^{\circ} K$

$T_k = 20^{\circ C} + 273 = 293^{\circ} K$

$V_{0^{\circ c}} = 20.05\sqrt{273} = 331.28 \, m/s$

$V_{20^{\circ c}} = 20.05\sqrt{293} = 343.2 \, m/s$

مثال ۲: طول موج متناظر صورت را در دمای ۳۰ درجه و بسامد ۲۰ Hz محاسبه کنید.

$V = 20.05\sqrt{T_k} = 20.05\sqrt{303} = 349 \, m/s$

$d : (m)$

$\lambda = \frac{349}{20} = 17.45m$

www.farasardco.com شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص
www.takban.com TAKBAN نگیان کنترل انرژی
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

۵- امپدانس صوتی

مقاومت نســبی محیط مادی را نسبت به انتشــار موج صوتی، امپدانــس صوتی گوینــد. امپدانس صوتی را می‌تــوان به مقاو•مت الکتریکی در اجسام تشبیه کرد. هرچه محیط چگال‌تر باشد، مقاومت صوتی بیشــتر خواهد بود. این ویژگی صوت متمایز از سرعت آن در محیط‌های مختلف است. امپدانس با رابطه زیر تعیین می شود.

C_D, C_F (۳)

چگالی محیط انتشار $\rho : \mathrm{Kg}/\mathrm{m}^3$

سرعت صوت در آن محیط $F_W = F_B + F$

مقاومت صوتی (mks.rayls) $Z : \mathrm{Kg}/\mathrm{m}^2.\mathrm{s}$

مثال ۳: امپدانس صوت هوا در مثال ۲ را محاسبه کنید.

$\rho = 1.2\ \mathrm{Kg}/\mathrm{m}^3$

$Z = \rho.V = 1.2 \times 349 = 418.8\ \mathrm{Kg}/\mathrm{m}^2.\mathrm{s}$

۶- کمیات اندازه‌گیری صوت

برای اندازه‌گیری صوت دو گروه از کمیات به‌کار می‌روند:

A) کمیات فیزیکی شامل: فشار، شدت و توان

B) کمیات لگاریتمی شامل: تراز فشار، تراز شدت و تراز توان.

A- کمیات فیزیکی

A-۱- توان (W): توان صوت برحســب وات (W) مقدار انرژی صوتی اســت که در واحد زمان در منبع صوتی تولید می‌شود و یک وات معادل یک ژول بر ثانیه است.

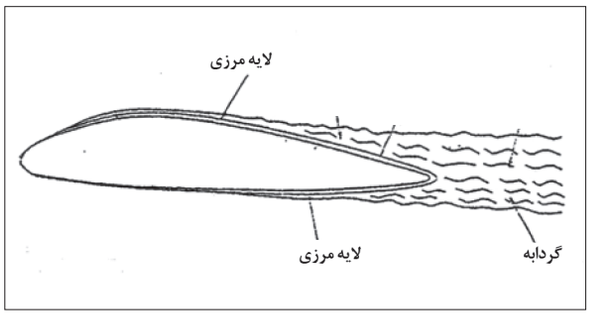
بنابراین

$C_D \times \frac{1}{2}\rho$ (۴)

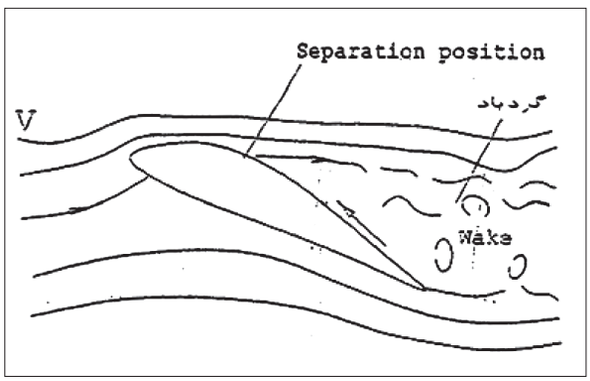
A-۲- شدت صوت (I): این کمیت برحسب $\frac{1}{2}C_1$ مقدار انرژی صوتی است که در واحد زمان از واحد سطح می‌گذرد.

سطح مذکور عمود بر راستای انتشار موج صوتی است. $v = -\frac{}{\pi}$ (۵)

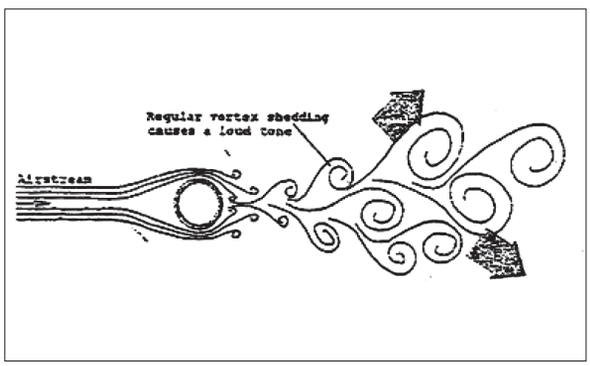
اگر در مسیر انتشــار صوت مانع یا سطح بازتابش وجود نداشته باشد، صوت در ســطح یک فضای کروی منتشــر می‌شود. این نوع میدان صوتی، میدان آزاد نامیده می‌شــود. در این صورت اگر شعاع



شکل ۲- لایه‌های مرزی اطراف یک مقطع ایرفویل



شکل ۳- جریان اطراف یک ایرفویل



شکل۴- جریان اطراف یک کره

کره را واحد در نظر بگیریم:

$I = \frac{W}{A} = \frac{W}{4\pi.r^2} = \frac{W}{12.57r^2}$

فاصله از منبع صوت

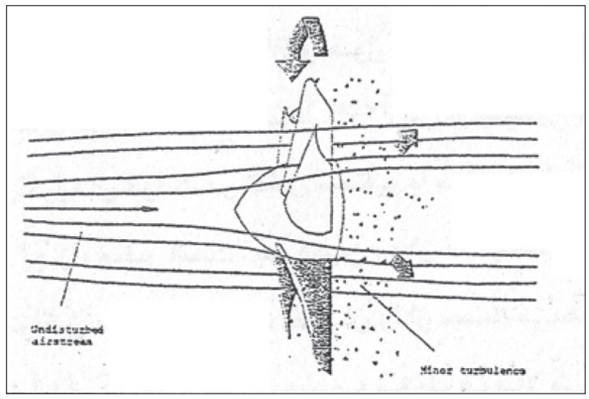
$r : (m)$

مثال ۴: شدت صوت منبع با توان W ۱۰۰۰ را در فواصل ۱۰ متر و ۲۰ متری در یک میدان آزاد (بدون مانع) محاسبه کنید.

$I_{10} = \frac{1000}{12.57 \times (10)^2} = 0.795\ \mathrm{W}/\mathrm{m}^2$

$I_{20} = \frac{1000}{12.57 \times (20)^2} = 0.199\ \mathrm{W}/\mathrm{m}^2$

هر آنچه از صنعت تهویه و تاسیسات می خواهید یکجابیابید!
تلفن: ۷۷۶۰۷۶۲۲
تاسیسات کتاب سال کشور hvac guide book
تلفن: ۷۷۶۰۳۸۸۳
ایران جهش Iran Jahesh
www.iranjahesh.com
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند



شکل ۵- جریان در اطراف پروآن‌هاهی یک هواکش

ملاحظه می‌شود با دو برابر شدن فاصله شدت صوت به $\frac{1}{4}$ میزان اولیه کاهش می‌یابد.

A-۳- فشـــار صوت (P): فشـار صوت برحسـب پاسکال $\left(\frac{N}{m^2}\right)Pa$ در سـامانه SI و میکروبار (μbar) در سـامانه C.G.S به‌کار می‌رود.

$$1Pa = 10\mu bar$$

بین فشار صوت و شدت صوت رابطه زیر برقرار است:

$$I = \frac{P^2}{\rho.C} \rightarrow P = \sqrt{\rho.C.I} \qquad (۶)$$

فشار شدت صوت

$P : (Pa)$

در مورد هوا امپدانس صوتی به‌صورت روبرو می‌باشد.

$$\rho.c = 415 \frac{Kg}{m^2.s}$$

مثال ۵: اگر شدت صوت I در هوا معادل $۹۶/۳\ W/m^2$ باشد فشار موثر چه میزان است؟

$$P = \sqrt{\rho.c.I} = \sqrt{415 \times 96.3} = 200Pa$$

B- کمیات لگاریتمی

چون کار با اعدادی نظیر ۱×۱۰^{۷} برای انسان کمی دشوار است لذا با لگاریتم آن‌ها کار می‌کنیم که اعدادی کوچکتر هستند.

B-۱- تراز توان صوت (dB SWL): توان صوت مربوط به منبع صوتی است و مشـخص نمودن توان و تراز توان به جهاتی که اشاره خواهد شد، اهمیت دارد. روابط مربوط به تراز توان به قرار زیر است:

$$SWL = 10LogW + 120 \qquad (۷)$$

مثال ۶: اگر توان یک منبع صوتی ۱۰ W باشـد، تراز توان صوت آن چند دسی‌بل (dB) خواهد بود.

$$SWL = 10Log10 + 120 = 130dB$$

B-۲- تراز شدت صوت (SIL) (db): این پارامتر با رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$SIL = 10LogI + 120 \qquad (۸)$$

مثال ۷: اگر یک منبع صوتی در فاصله معین دارای شدت صوت $۲۰\ W/m^2$ باشد، تراز شدت صوت در آن نقطه را حساب کنید.

$$SIL = 10LogI + 120 = 10Log20 + 120 = 133dB$$

www.farasardco.com شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص
www.takban.com TAKBAN نگیان کنترل انرژی
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

B-۳- تراز فشـــار صوتی (SPL): در بررســی‌های اثرات ارتعــاش و صوت که بر انســان‌ها تاثیر نامطلوبــی دارد کمیت اخیر بیشترین استفاده را دارد. علت این امر در ماهیت فشار و نحوه انتشار صوت و همچنین نحوه وارد شدن فشار بر پرده صماخ گوش است. از طرفی اندازه‌گیری فشار و تراز فشار صوتی هوا نیز عملی‌تر می‌باشد و با رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$SPL = 20LogP + 94 \qquad (۹)$$

مثال ۸: اگر یک منبع صوتی در فاصله معین دارای فشـــار صوت ۲ Pa باشد، تراز فشار صوت را در آن نقطه محاسبه کنید.

$$SPL = 20Log2 + 94 = 100dB$$

اثبات می‌شـــود تراز توان، شدت و فشار صوت در آستانه شنوایی برابر صفر dB و آســـتانه دردناکی ۱۴۰ dB اســـت. البته صفر dB به معنای عدم وجود صوت نیســـت بلکه آستانه درک حسی انسان بوده و حداکثـــر تراز قابل تحمـــل برای گوش ۱۴۰ dB اســـت. ترازهای بالاتر از ۱۴۰ dB نیز در انفجارات ایجاد می‌شـــود و علاوه بر صدمات فیزیولوژیک، صدمات مکانیکی نیز به دستگاه شنوایی و جمجمه وارد می‌کند. ارتباط بین مقادیر توان، شـــدت، فشار و تراز آن‌ها برحسب dB در جدول (۱) آمده است.

۷- منابع تولید ارتعاش و صدا در سامانه‌های تهویه

عمده ارتعاش در هواکش‌ها ناشی از چرخش نامتعادل است. در هنگام ساخت، هواکش‌ها به‌منظور رفع عدم تعادل، چرخ دوار (پروانه) و محـــورش را بر روی یاتاقان‌هایی کاملا آزاد قرار می‌دهند و با افزودن جرم به قسمت‌های مناســـب از پروانه عدم تعادل استاتیکی آن را از بیـــن می‌برند (مثل الاکلنگ). اما عدم تعـــادل دینامیکی نیز موجود اســـت که آن به علت عدم توزیع مناســـب جرم در شعاع پروانه است و دســـتیابی به تعادل دینامیکی معادل دستیابی به تعادل استاتیکی خواهد بود.

همچنین جریان هـــوا در کانال‌ها و مجرای انتقال نظیر زانوها و مدخل ورودی و خروجی بر اثر عوامل آیرودینامیکی دچار اغتشـــاش می‌شود و این اغتشاش خود باعث ایجاد ارتعاش در سامانه می‌گردد.

لذا تولید صدا در سامانه تهویه به دو قسمت تقسیم می‌گردد:

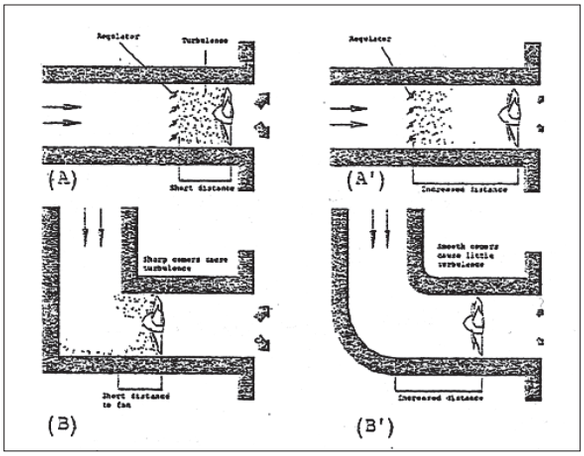
۷-۱- صدای ناشی از نیروهای آیرودینامیکی

اصوات اخیر از پدیده‌های آیرودینامیکی ناشـــی می‌شـــوند و در اصل ضربه و برخورد اجزا دوار یا ثابت سامانه با هوا می‌باشد. در ابتدا، این نیروها به‌طور مختصر تعریف می‌شوند.

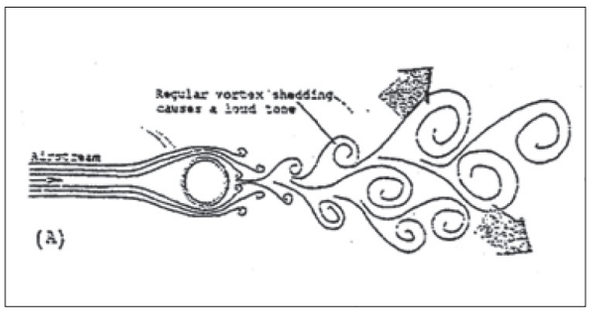
یک مقطع ایرفول (حتی یـــک صفحه) به عرض W و طول L و ضخامت t که با ســـرعت V در هـــوا حرکت می‌کند را در نظر بگیرید (شکل ۲)، هوا از سطوح بالا و پایین صفحه عبور می‌کند. مولکول‌های هوا که در تماس مســـتقیم با ســـطح هســـتند به آن می‌چســـبند و لذا ســـرعت این اجزا صفر اســـت. به همین روش در لایه‌های بعدی مولکول‌هایـــی که روی اولین مولکول می‌لغزند ســـرعت خویش را از دست می‌دهند. از سطح صفحه که سرعت مولکول‌های آن صفر است هرچه به طرف بالا می‌رویم سرعت ذرات سیال افزایش می‌یابد تا به سرعت سیال محیط سطح برسد.

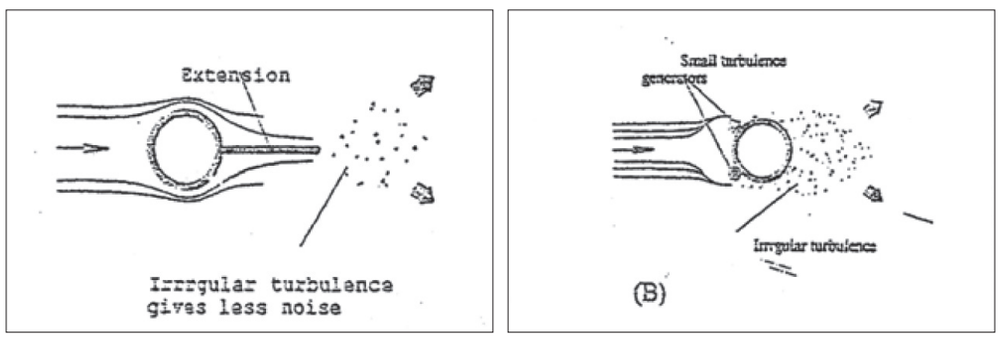
قسمتی از سیال که در روی سطح با سرعت کم حرکت می‌کند لایه‌ای به نام لایه مرزی تشـــکیل می‌دهد. این لایه اثرات زیادی در دینامیک ســـیالات دارد. اثرات گردابه‌ای (ورتکس) در پایین دســـت

هر آنچه از صنعت تهویه و تاسیسات می خواهید یکجابیابید!
تاسیسات کتاب سال کشور
hvac guide book
تلفن: ۷۷۶۰۷۶۲۲
تلفن: ۷۷۶۰۳۸۸۲
ایران جهش Iran Jahesh
www.iranjahesh.com
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند



شکل ۶- محل نصب دمنده با توجه به آشفتگی جریان





شکل۷- آشفتگی جریان حول یک کره و پیشگیری از آن

جریان به‌خاطر همین لایه مرزی است.

حال همان سطح را در نظر بگیرید که با زاویه α در سیال حرکت می‌کند. اثرات آیرودینامیکی باعث ایجاد Vortex شدیدتری می‌شود که در شکل (۳) نمایش داده شده است. اثرات یاد شده برای یک کره یا یک استوانه نیز صادق می‌باشند که در شکل (۴) نمایش داده شده است.

منبع تولید صدا در هواکش‌ها ناشی از موارد زیر است:

- صدا در مجرای عبور هوا در اثر محدود بودن ضخامت پره‌ها (مابین دو پره).

- صدای ناشی از اعمال نیرو بر هوا توسط پره‌های هواکش.

- صدای چرخشی ناشی از عبور پره‌ها از مجاورت هر نقطه ثابت که موجب تولید صدا در بسامد عبور پره (تعداد پره × سرعت چرخش) می‌شود.

- صدای جریان گردابی ناشی از جدایی جریان.

- صدای اثرات اغتشاش جریان هوا ناشی از تولید تنش‌های برشی.

- صدای اثرات ناشی از ایجاد تداخل بر اثر تماس مناطق کم فشار مغشوش با موانع و پره‌های هادی.

هواکش‌ها کلا در هنگام کار در بازده استاتیک حداکثر، کمترین صدا را تولید می‌کنند. همچنین برخلاف آنچه که معمولا تصور

www.farasardco.com شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص
www.takban.com TAKBAN نگبان کنترل انرژی
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

می‌شـــود به ازا یک وظیفه معین (شرایط یکسان) هواکشی از حداقل صدا برخوردار است که دارای بیشترین بازده استاتیک باشد نه اینکه لزوما دارای اندازه بزرگ و یا کمترین سرعت باشد.

چنانچـــه دمنده‌ها در یک جریان ثابت و یکنواخت (جریان آرام) یک سیال قرار گیرند، تراز صوتی کمتری تولید می‌نمایند. هنگامی‌که یک دمنده جریان هوا را آشفته می‌کند باعث ایجاد سروصدا (صدای مزاحم) می‌گردد. (شکل ۵)

لـــذا در هنگام طراحی محـــل نصب باید توجه شـــود که هوای ورودی به دمنده تا حد ممکن آرام باشـــد. زیرا هوای آرام ورودی به دمنده پس از خروج، آشـــفتگی کمتری خواهد داشـــت، لذا سروصدا کمتری نیز خواهد داشت.

حال به شـــکل صفحه ۶ توجه کنید: دمنده A در نزدیکی دریچه کنترل نصب شده و هوای عبوری از دریچه آشفته است. لذا بر عملکرد دمنده تاثیر می‌گذارد و دمنده B نیز در نزدیک یک زانوی ۹۰ درجه نصب شده و باز آشفتگی[1] ناشی از زانو بر صدای دمنده اثر منفی می‌گذارد. اما در حالت A′ و B′ جریان هوای آرام وارد دمنده می‌شود.

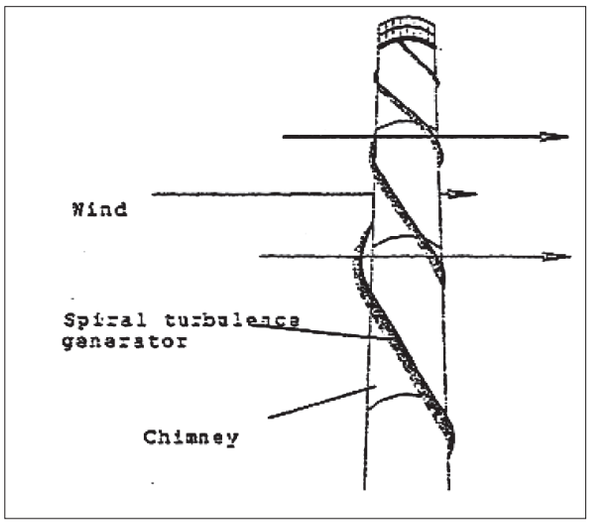
۷-۲- صدای ناشی از مجرای انتقال هوا

اصـــولا ارتعـــاش و اصوات تولیدی توســـط ســـامانه انتقال هوا (کانال‌ها) ناشی از برخورد ذرات سیال با قسمت‌های مختلف مجرای اســـت. (شکل A) یک استوانه (کره) را که در معرض جریان هوا قرار گرفته نشـــان می‌دهد. پس از برخورد هوا به اســـتوانه و عبور از آن، در اثـــر نیروهای آیرودینامیکی، پدیده‌ای بـــه نام جدایی لایه مرزی رخ می‌دهد که اثر آن تشـــکیل گردابه‌هایی در پشـــت استوانه است. ســـرعت تشکیل و جدایی گردابه‌ها وابســـته به سرعت جریان و قطر استوانه است.

حال اگر بســـامد جدایی این گردابه‌ها با بســـامد (تواتر) طبیعی اســـتوانه یکی گردد، باعث ایجاد پدیده تشدید می‌شود و اثر مستقیم آن تولید ارتعاش و صدا است. برای پیشگیری از اثر یاد شده می‌توان مطابق (شـــکل B) با ایجاد یک آشفتگی مصنوعی تولید گردابه را به تعویق انداخت و یا مانند شـــکل (C) با اضافه کردن یک دنباله (خط جریانی کردن) این مهم را به انجام رساند.

برای مثال، اثر یاد شده سبب ایجاد صدا در اطراف یک دودکش مرتفع می‌شـــود و بـــرای جلوگیری از آن یـــک ورق فلزی به‌صورت مارپیـــچ روی دودکش نصب می‌کنند. البته این صفحه نباید در تمام طول خود به دودکش وصل باشـــد بلکه چنـــد نقطه کفایت می‌کند (شکل ۸).

1- Turbolant



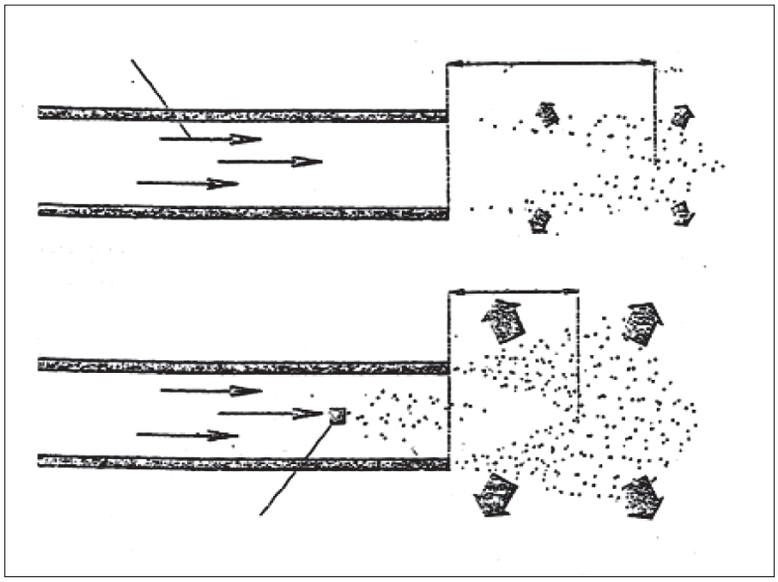
شکل ۸- جریان اطراف یک دودکش

هنگامی‌که جریان یک ســـیال (هوا) با جریان یک ســـیال دیگر که ایســـتا می‌باشد مخلوط شـــود، ممکن است سبب ایجاد سروصدا گردد. مخصوصا اگر قبل از خروج سیال از کانال جریان آشفته شود. این حالت برای هوای خروجی از کانال‌ها که به هوای ساکن برخورد می‌کنـــد اتفاق می‌افتد و یک روش برای کنترل آن کاهش ســـرعت سیال خروجی اســـت که این کار با افزایش ســـطح مقطع کانال در قســـمت خروجی (یک مجرای واگرا) به‌دست می‌آید. (بر طبق قانون پیوستگی)

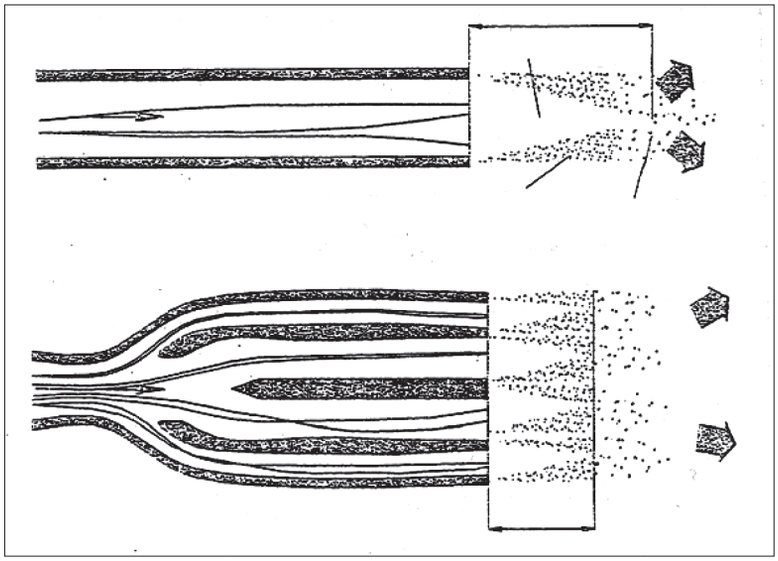
روش دیگر آن‌که در قســـمت خروجی هـــوا هیچ‌گونه مانعی که باعث ایجاد اغتشاش در جریان گردد، ایجاد نشود. (شکل ۹)

یکـــی از راه‌هـــای کنترل صدا تبدیل بســـامد پایین به بســـامد

هر آنچه از صنعت تهویه و تاسیسات می خواهید یکجا بیابید!
تاسیسات کتاب سال کشور hvac guide book
تلفن: ۷۷۶۰۳۸۸۳ تلفن: ۷۷۶۰۷۶۲۲
ایران جهش Iran Jahesh
www.iranjahesh.com
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند



شکل ۹- ایجاد اغتشاش در خروجی یک کانال



شکل۱۰- تبدیل بسامد

بالاســت. زیرا اصوات با بســامد بالا هنگام انتشار در هوا بیشتر دچار افت می‌شــوند (میرا می‌شوند) و حفاظت در برابر آن‌ها و مجزا کردن آن‌ها آسان‌تر است.

اگر کانالی که هوا از آن خارج می‌شــود دارای قطر بزرگ باشــد قسمت اعظم ســروصدا ایجاد شده در بسامد پایین خواهد بود و اگر قطر مجرا کوچک باشــد قسمت اعظم سروصدا ایجاد شده در بسامد بالا خواهد بود.

با اســتفاده از یک مجرا یا کانال بزرگ که خود آن در قســمت خروجی دارای چند مجرای کوچک است می‌توان سروصدا یا بسامد پایین را کاهش داد. در چنین حالتی ســروصدا با بســامد بالا تولید می‌شود که به‌راحتی قابل کنترل است. (شکل ۱۰)

۸- کنترل صدا

کنترل صدا به‌منظور کنترل اثرات آن و ایجاد شــرایط مناســب برای انسان و ماشین می‌باشد.

روش‌های عمومی کنترل شامل مراحل زیر است:

A- کنترل در منبع صوتی:

ایــن روش اصــولا از طراحی دســتگاه شــروع می‌شــود.

www.farasardco.com شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص
www.takban.com TAKBAN نگیان کنترل انرژی
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران

به‌طور مثال می‌توان از ســاخت و نصــب انباره‌های اگزوز روی موتورهای درون‌ســوز، استفاده از ســامانه های هیدرولیکی به جــای نیوماتیکی و ضربه‌ای در پرس‌ها و بالانس دقیق دمنده‌ها نام برد.

روش‌های عمده کنترل صدا در منبع:

A-۱- انتخاب صحیح دستگاه‌ها: (هواکش‌های) متناسب با شرایط کار و فرآیند تولید انتخاب گردد.

A-۲- نگهداری صحیح دستگاه‌ها: تولید صدا یکی از راه‌های اتلاف انرژی در دستگاه‌هاســت، اصولاً با افزایش عمر ابزار، تراز فشار صوتی آن نیز افزایش می‌یابد. نگهداری صحیح دســتگاه و سرویس منظم آن در پیشگیری از فرسودگی و نیز کاهش صدا موثر است.

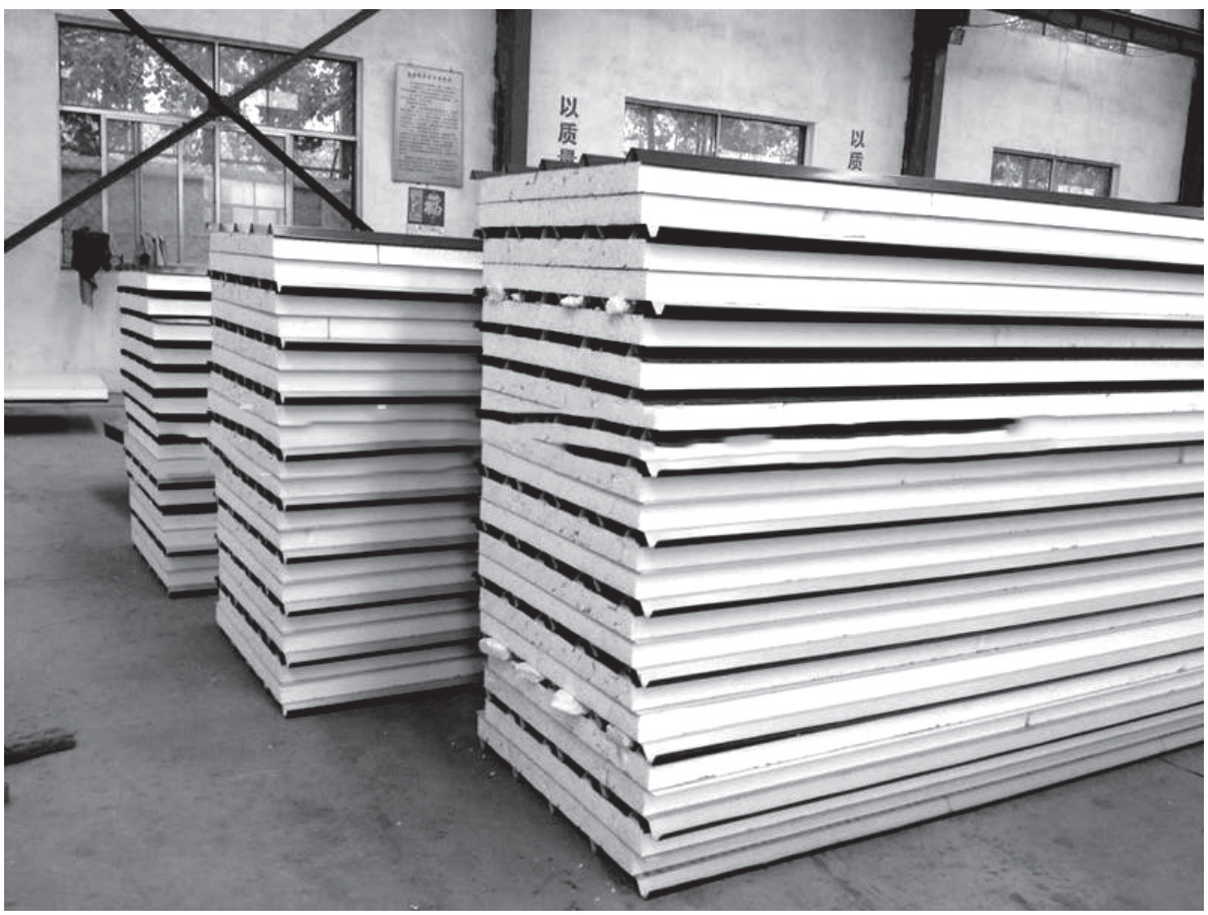
A-۳- کنتـــرل ارتعاش: هرجا صدا تولید می‌شــود ارتعاش نیز وجود دارد. به‌عبارت دیگر در بســیاری از موارد علت نشر صوت، وجود ارتعاش دستگاه است. اتصالات دمنده به محل پی می‌تواند در ارتعاش نقش داشته باشد. نصب در محل نامناسب و بدون استحکام یا به‌طور نامناســب نیز می‌تواند عامل تولید صدا در دستگاه باشد که باید مورد بررسی قرار گیرد.

A-۴- محصور کردن دســـتگاه: در برخی مــوارد می‌توان بخشی از دستگاه یا تمام آن را با پوشش یا محفظه‌ای از مانع صوتی مجزا نمود. به‌طور مثال می‌توان در دو طرف یک هواکش به‌طوری که عمل دستگاه محدود نشود از مواد ایزولان به‌صورت ورقه‌ای استفاده کرد. همچنین این روش برای صدای ناشــی از دســتگاه‌های تهویه بسیار مناسب است.

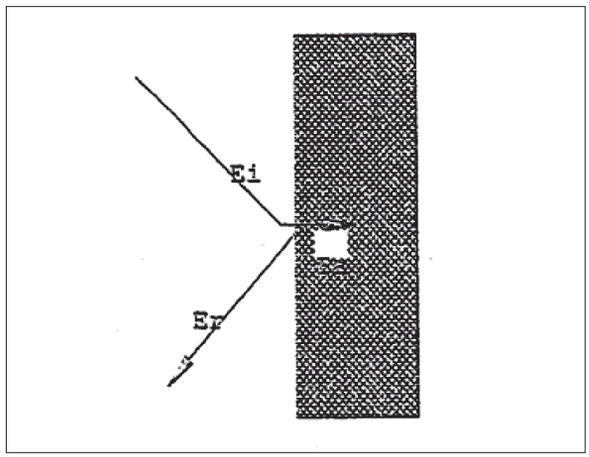
B- کنترل در مسیر انتشار صوت:

در صورتــی که کنتــرل صدا در منبع میســر یا موثر نباشــد، جلوگیری از انتقال یا انتشار صدا به عبارت دیگر کنترل آن در مسیر انتشــار مطرح می‌شود که خود شامل چند شــیوه است. اصولا این روش بر مبنای دو خاصیت جذب صوت و مجزاسازی صوت در مصالح می‌باشد. روش‌های عمومی کنترل صدا در مسیر انتشار به‌صورت زیر می‌باشند:

B-۱- مجزا نمودن منابع اصلی صدا از ســـایر منابع: مجزا کردن دستگاه از ســایر منابع با دیوارکشــی اطراف آن می‌تواند در کنترل انتشــار صدای منابع اصلی نقش تعیین‌کننده داشــته باشد. دیوارهای مذکور باید تا ســقف ادامه داشته باشد و دارای پوششی از



هر آنچه از صنعت تهویه و تاسیسات می خواهید یکجا بیابید!
تاسیسات hvac guide book
تلفن: ۷۷۶۰۳۸۸۳
تلفن: ۷۷۶۰۷۶۲۲
ایران جهش Iran Jahesh
www.iranjahesh.com
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند



شکل۱۱- برخورد و انعکاس صوت در یک دیواره

مواد جاذب و لایه‌های مانع صوتی متناسب با نیاز (از نظر تراز فشار و بسامد) و مشخصات صوتی منبع باشد. به‌طور مثال وجود یک دستگاه آسیاب یا یک دمنده با دور بالا می‌تواند برای کارگران بسیار ناراحت‌کننده باشد.

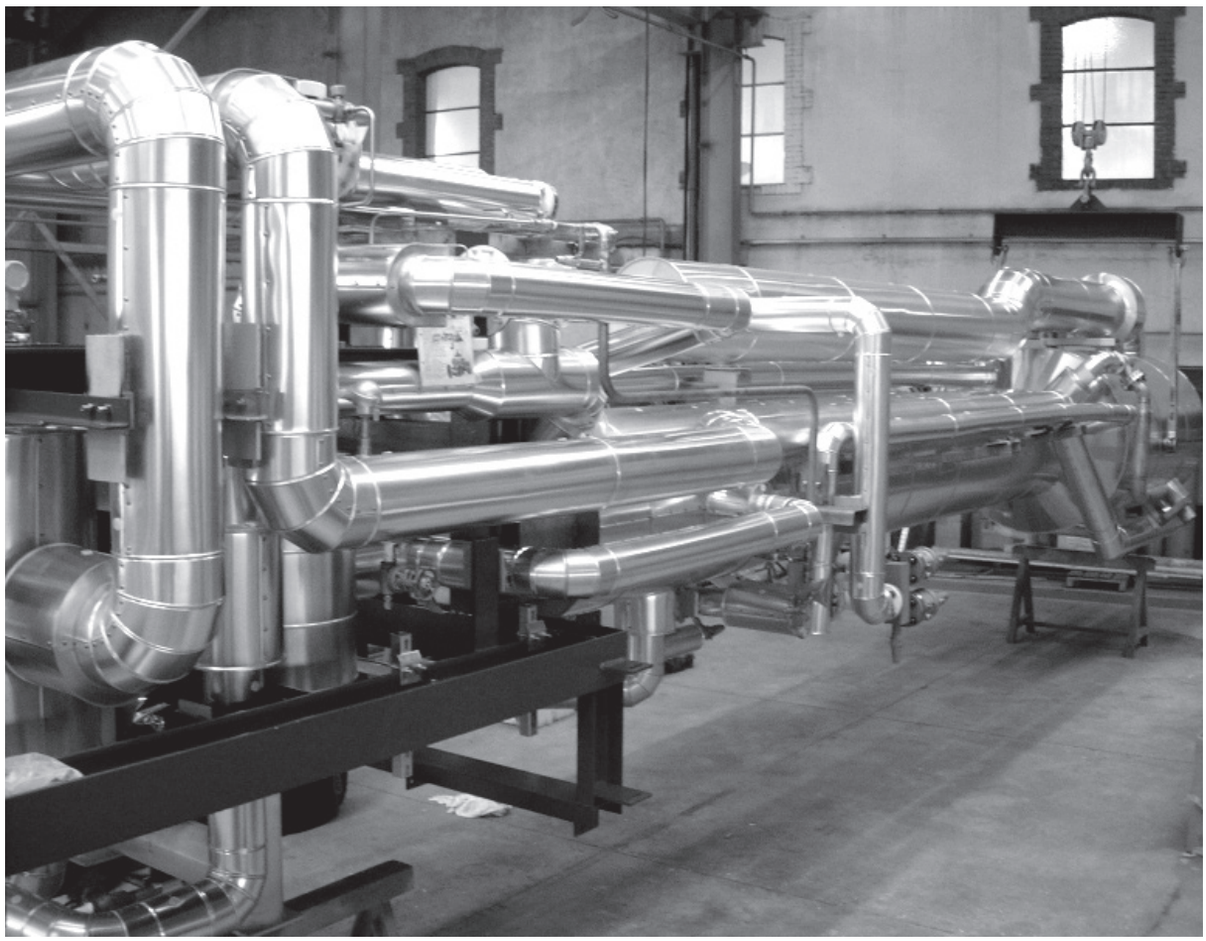
۲-B- کنترل صدای مبتنی بر جذب صدا: همان‌طورکه می‌دانیم وجود سطوح انعکاسی در کارگاه و اطراف منابع صوتی باعث می‌شود تراز فشار صوت به علت انعکاس مکرر افزایش یابد. این افزایش به تعداد و مشخصات سطوح بازتابشی بستگی دارد. وجود جاذب‌های صوتی مناسب می‌تواند تا حدود زیادی این پدیده را کنترل کند.

جاذب‌های صوتی در دو گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

الف: جاذب‌های صفحه‌ای ساده

ب: جاذب‌های صفحه‌ای سوراخدار

الف: جاذب‌های صفحه‌ای شامل یک لایه از ماده‌ای سبک با چگالی کم و حتی‌الامکان متخلخل است. از این گروه می‌توان تخته‌های چوبی چندلا، نئوپان، پلی‌اورتان (یونولیت) و صفحات جاذب متخلخل را نام برد. امروزه مواد مرکب هم که دارای جذب خوب بوده و ترکیبی از الیاف معدنی و آلی می‌باشند، به‌طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند. پدیده جذب صوت کم و بیش در تمام مصالح وجود دارد و چنانچه می‌دانیم بخشی از صوت در برخورد با سطوح منعکس و بخش دیگر جذب می‌گردد (شکل ۱۱). هر ماده‌ای از نظر جذب انرژی صوت در کل باند بسامد و نیز در هر بسامد ضریب جذب مخصوص به‌خود دارد. ضریب جذب صوت در هر ماده (سطح)



www.takban.com
TAKBAN
نگیان کنترل انرژی
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
www.farasardco.com
شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص

جدول ۲: ضریب جذب صوتی برخی مواد جاذب در بسامدهای مختلف

نام ماده	بسامد (هرتز)					
	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰۰	۲۵۰	۱۲۵۰
پشم شیشه (۴ پوند در فوت مربع): ۱ اینچ ضخامت	۰/۸	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۲۳	۰/۰۷
۲ اینچ ضخامت	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۵۵	۰/۲۰
۴ اینچ ضخامت	۰/۸۹	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۳۹
فوم پلی اورتان ۰/۲۵ اینچ ضخامت	۰/۸۱	۰/۴۵	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۵
۰/۵ اینچ ضخامت	۰/۹۸	۰/۸۹	۰/۵۷	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۰۵
۱ اینچ ضخامت	۰/۹۱	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۶۳	۰/۳۰	۰/۱۴
۲ اینچ ضخامت	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۸۲	۰/۵۱	۰/۳۵
نمد و موکت: ۰/۵ اینچ ضخامت	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۶۳	۰/۲۹	۰/۰۷	۰/۰۵
۱ اینچ ضخامت	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۸۰	۰/۳۱	۰/۰۶
تایل گچی سوراخدار با لایی الیاف	۰/۳	۰/۵	۰/۵	۰/۶۵	۰/۵	۰/۳
تایل فلزی سوراخدار با لایی الیاف	۰/۷	۰/۸	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۶	۰/۳
تایل مقوایی روی دیوار	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۲۵	۰/۱۵
تایل مقوایی روی چوب‌کوبی	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۶۵	۰/۵	۰/۳

عبارتســت از نسبت انرژی صوتی جذب شده به انرژی صوتی اولیه و با رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$\alpha = \frac{Ea}{Ei} \qquad (۱۰)$$

$\alpha =$ ضریب جذب صوتی دیواره

$Ei =$ انرژی اولیه صوت (شدت یا فشار)

$Ea =$ انرژی جذب شده صوت

بــا توجه به رابطــه بالا ضریب جذب صفــر $(\alpha = 0)$ به معنی انعــکاس تمــام صوت و $\alpha = 0.5$ به معنــای ۰/۵۰ جذب و $\alpha = 1$ یعنی آن‌که جســم تمام انرژی صوتی را جذب خواهد کرد. اما حالت اخیر یک حالت آرمانی اســت و بنابراین مقدار α همواره کوچک‌تر از یک خواهد بود و ســعی ما بر انتخاب مواد با ضریب جذب صوتی (α) بالاتر اســت. ذکر این نکته حایز اهمیت است که ضریب جذب دیواره‌ها با افزایش ضخامت آن به‌طور خطی افزایش می‌یابد. جدول ۲ مقادیر α را برای مصالح مختلف نشان می‌دهد.

بسامد حد: بسامدی است که در آن بسامد صفحات جاذب دارای بیشترین مقدار α هستند و با رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$f_L = \frac{60}{\sqrt{m.d}} \qquad (۱۱)$$

$f_L : (Hz)$ بسامد حد

$M : \left(Kg/m^2\right)$ چگالی سطحی صفحه جاذب

$d : (m)$ ضخامت صفحه

هر آنچه از صنعت تهویه و تاسیسات می خواهید یکجابیابید!
تاسیسات کتاب سال کشور hvac guide book
تلفن: ۷۷۶۰۳۸۸۳ تلفن: ۷۷۶۰۷۶۲۲
ایران جهش Iran Jahesh
www.iranjahesh.com
طراحی و ساخت انواع بوستر پمپ‌های آبرسانی آتش نشانی و آبیاری به صورت کاملاً هوشمند

ب: جاذب‌های سوراخ‌دار: امروزه شرکت‌های مختلفی صفحات سوراخ‌دار و مشبک را در انواع ابعاد مختلف به بازار عرضه نموده‌اند که با نام عمومی اکوستیک تایل[1] به‌فروش می‌رسد. برای انتخاب مناسب آن‌ها بایستی مشخصات فنی جذب آن‌ها معلوم باشد.

بسامد حد برای جاذب‌های سوراخ‌دار با رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$f_L = \frac{3500 \times a}{d^2} \qquad (۱۲)$$

بسامد حد $f_L : (Hz)$

قطر سوراخ‌ها $a : (cm)$

فاصله دو سوراخ $d : (cm)$

مثال ۹: بسامد حد برای یک تایل سوراخ‌دار با سوراخ گرد و با مشخصات a=2mm و d=4mm چند هرتز است.

$$f_L = \frac{3500 \times 0.2}{0.16} = 4375Hz$$

ادامه دارد...

1- Acostic Tile

www.farasardco.com شرکت فراسرد
سردخانه / آیس بانک / چیلر / یخساز قالبی / پکیج سردکننده شیر / تجهیزات برودتی خاص
www.takban.com TAKBAN نگبان کنترل انرژی
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران