



گروه ساختمانی سیمرغ

<http://simcongroup.ir>

طراحی صوت و آکوستیک

ساختمان‌ها

۱. تعاریف

۱- نویز زمینه (Noise)

نویز زمینه به صداهاى ناخواسته موجود در یک فضا گفته می‌شود که می‌تواند از منابع خارجی مانند نویز ترافیک یا منبع داخلی مانند نویز سیستم تهویه سرچشمه بگیرد.

۲- دسی بل

دسی بل مقیاسی نسبی و لگاریتمی برای اندازه‌گیری تراز صدا می‌باشد.

۳- انواع جداکننده‌ها

جداکننده‌ها به دو گروه جداکننده ساده و مرکب تقسیم می‌شوند:

۴- جداکننده ساده

جداکننده ساده به جداکننده‌ای گفته می‌شود که در مقطع، از یک یا چند لایه تشکیل شده است، لذا چگالی سطحی (وزن واحد سطح) آن در نقاط مختلف یکسان است؛ مانند در، پنجره، دیوار آجری با اندود گچ و خاک یا دیوار دو جداره آجری.

۵- جداکننده مرکب

جداکننده مرکب به جداکننده‌ای گفته می‌شود که سطح آن از چند جداکننده ساده تشکیل شده باشد. مانند دیواری که در و پنجره دارد.

۶- طنین در یک فضا

صداهایی که در یک فضای بسته پخش می‌شوند، انعکاس‌های متوالی و متعددی خواهند داشت و شنونده پس از شنیدن صدای مستقیم، سلسله‌های از این انعکاس‌ها را دریافت می‌کند. اگر فاصله زمانی موجود بین دو انعکاس

مجاور، کمتر از ۵۰ میلی‌ثانیه (کمتر از مدت جمع‌بندی شنوایی) باشد، گوش انسان صدای مستقیم و تمام انعکاس‌های آن را به صورتی پیوسته خواهد شنید. این مجموعه انعکاس‌ها، طنین نامیده می‌شود.

۷- صدا بندی هوابرد جداکننده و شاخص تک عددی آن

هرگاه به ارتعاش درآمدن جداکننده‌ها در ساختمان ناشی از صدای هوابرد (صدایی که محیط انتشار آن هوا است) باشد، آن را تراگیسل صدای هوابرد می‌نامند. مانند، انتقال صدای بلندگو از حیاط مدرسه به داخل کلاس درس.

۲. راهنمای طراحی

به طور کلی محیط آکوستیکی مناسب برای هر نوع فعالیتی در ساختمان را می‌توان قبلاً تعیین کرده و پیش‌بینی‌های لازم را در طراحی اعمال کرد. معمولاً کنترل آکوستیکی یک فضا به کنترل صحیح سه عامل منبع صدا، مسیر انتقال صدا، و دریافت‌کننده صدا بستگی دارد.

معمولاً کاهش تراز نویز در محل منبع و در مسیر تراگیسل صدا سهل‌تر و کم هزینه‌تر از اصلاح وضعیت آکوستیکی در محل دریافت نویز می‌باشد. بنابراین برای ارائه راه حل مناسب باید به این مهم توجه خاص مبذول گردد. در بعضی موارد راه‌حل‌های ترکیبی می‌تواند کمک مؤثری در جهت حل مسئله باشد. به عنوان مثال چنانچه کارکرد سیستم تهویه باعث ایجاد نویز در یک فضا گردد به ترتیبی که در بالا گفته شد، در مرحله اول سعی می‌شود که با انتخاب یک سیستم آرام‌تر، نصب مناسب و ساخت پوشش آکوستیکی در محل قرارگیری دستگاه تهویه، نویز کاهش یابد. در مرحله بعد با استفاده از جداکننده‌های فتری و لایه‌های جاذب صدا در مسیر کانال‌ها، تراز نویز کاهش می‌یابد. در مرحله آخر چنانچه هنوز تراز نویز به حد مناسب تقلیل نیافته باشد، پدیده‌های هوایی با استفاده از مصالح مناسب در داخل فضا به این مهم دست یافت.

۳. مراحل مختلف طراحی آکوستیکی

در طراحی ساختمان‌های آموزشی جدید و یا اصلاح ساختمان‌های موجود باید منابع نویز مشخص شده و تأثیر آن بر فضاهای مختلف بررسی گردد. برای ارائه راه حل‌های مناسب و اقتصادی در جهت تأمین آسایش صوتی در فضاهای آموزشی، می‌توان به ترتیب زیر عمل کرد:

الف - محل انتخاب شده یا موجود، جهت ساخت ساختمان آموزشی با توجه به منابع نویز مجاور آن بررسی و تراز نویز در تمام نقاط آن مشخص گردد.

ب - شرایط آکوستیکی فضاهای مختلف، مشخص شده و فضاها در این رابطه دسته‌بندی گردند.

ج - با توجه به دو مطلب بالا، محل صحیح قرارگیری هر دسته از فضاها در محل انتخاب شده برای ساختمان، مشخص گردد.

د - با توجه به قرارگیری مناسب دسته‌های فضاها طرح اولیه ساختمان تهیه گردد.

ه - چنانچه بنا به نیاز طرح یا محدودیت‌های موجود، فضاهایی با شرایط آکوستیکی مختلف در مجاورت یا بر روی یکدیگر قرار گیرند، استفاده از جداکننده‌هایی با صدا بندی مناسب توصیه می‌گردد.

و - بدیهی است که استفاده از مواد و مصالح مناسب برای کاهش نویز و تأمین طنین بهینه در فضاهای مختلف ضروری می‌باشد.

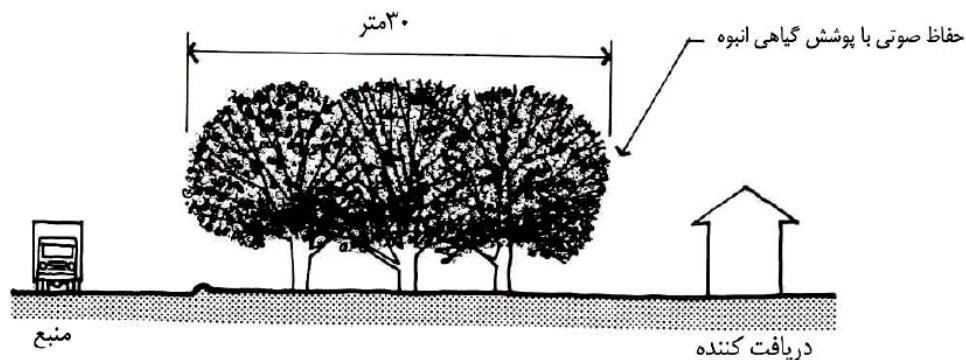
ز - در انتخاب سیستم‌های سازه‌ای و تأسیساتی باید تطابق این سیستم‌ها با مسائل آکوستیکی بررسی و مناسب‌ترین سیستم پیشنهاد گردد.

نمونه (نوع) صدا	تراز صدا به dB_A	احساس ذهنی
آستانه دردناکی گوش	۱۳۰	کر کننده
کارگاه صنعتی مانند کارگاه چوب‌بری فریادزدن	۱۱۰ ۹۵	خیلی بلند
بزرگراه خیابان‌های شلوغ شهری	۸۵ ۸۲	بلند
گفتگوی بلند در فاصله یک متری مکالمه معمولی در فاصله یک متری	۷۰ ۶۰	معمولی
محله مسکونی آرام	۵۰	آرام
نجوا در فاصله یک متری حرکت برگ درختان	۳۰ ۲۰	خیلی آرام
آستانه شنوایی	۰	-

شکل ۱- نمونه‌ای از صداهای متداول محیط

به منظور کاهش نویز محیطی به ویژه نویز ترافیک می‌توان از موانع صوتی استفاده کرد. موانع صوتی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱. موانع صوتی طبیعی شامل تپه‌ها، خاک ریزهای طبیعی، جنگل‌ها و غیره می‌باشد.
۲. موانع صوتی مصنوعی یا ساخته‌شده که مصنوعی شامل درخت‌کاری، خاک ریزهای مصنوعی و پارک‌ها می‌باشد.



شکل ۲- نمایش کاهش نویز ترافیک توسط پوشش گیاهی

۴. استفاده از جداکننده با صدا بندی مناسب

کنترل نویز در فضاهای مختلف ساختمان از عوامل مهم طراحی از نظر تأمین محیط آکوستیکی مطلوب می باشد. چنانچه بنا به نیاز طرح یا محدودیت های موجود، فضاهایی با شرایط آکوستیکی مختلف در مجاورت یکدیگر قرار گیرند، استفاده از جداکننده هایی با صدا بندی مناسب توصیه می گردد. همچنین محدودیت های زمین در بسیاری از موارد باعث افزایش تعداد طبقات و در نتیجه قرارگیری فضاهایی با شرایط آکوستیکی مختلف بر روی یکدیگر می گردد که در این مورد نیز مسایل مربوط به صدا بندی مناسب از اهم مطالب است.

مقدار صدا بندی در ساختمان از نظرگاه شناخت منابع صدای ورودی و تراز صدای قابل قبول برای فضای مورد نظر، باید مورد توجه قرار گیرد. آگاهی بنیادی از مسائل صدا بندی و اطلاعاتی از ویژگی فیزیکی موانع صوتی و همچنین چگونگی استفاده بهینه از آنها در عایق سازی یک فضا در مقابل صداهای هوابرد و کوبه ای ضروری است. برای جلوگیری از نفوذ نویز و تأمین آسایش صوتی فضای مورد نظر در ساختمان باید از جداکننده هایی استفاده شود که میزان صدا بندی کافی داشته باشد. برای انتخاب صحیح جداکننده ها ضروری است طراح علاوه بر ضوابط آکوستیکی، مقادیر صدا بندی جداکننده ها مانند دیوار، در و پنجره در برابر صدای هوابرد و صدا بندی سقف در برابر صدای کوبه ای را نیز در اختیار داشته باشد.

۵. فرم بنا

فرم تالارها نخستین نکته ای که باید بررسی شود نسبت طول، عرض و ارتفاع به یکدیگر می باشد که سابقاً مسئله اساسی آکوستیک بود و در کتاب های قدیمی آکوستیک نسبت هایی نظیر ۲:۳:۵ بیان گردیده. امروزه محاسبه ابعاد داخل تالارها از طریق تئوری امواج آکوستیکی و با توجه به فرم انتخاب شده دیگر جز مسائل لاینحل نیست. ولی با مطالعات انجام شده که توجه به این قضیه راه حل قطعی مسئله آکوستیک نیست بلکه ابعاد و فرم

تالار باید طوری انتخاب گردد که حتی‌الامکان امواج ویژه یکنواخت پخش گردند که این خود مستلزم اجتناب از انتخاب ابعاد صحیح (رند) می‌باشد.

فضاهای شنوایی در مورد وجود راه مستقیم و نزدیک از سرچشمه آوا تا شنونده باید بررسی گردند زیرا امواج بازتابیده از دیوارها و سقف تالار برای فهم مطلب کافی نیست و در هر صورت راه مستقیم اهمیت بیشتری دارد و به خصوص انرژی صوتی مستقیم و انرژی صوتی بازتابیده در خوبی آکوستیک فضا تأثیر ویژه دارد. رعایت این نکته در ساختمان استودیوها که شنندگان صدا را از راه میکروفن می‌شنوند اهمیت بسزایی دارد.

در تالارها و تئاترها و فضاهای این‌چنین که شنندگان انرژی صوتی را مستقیم از سرچشمه دریافت می‌دارند بایستی دقت گردد که به خصوص شنندگان دور از سرچشمه آوا که صدا به دلیل طی مسیر و داشتن اصطکاک با مولکول‌های هوا تضعیف می‌گردد، در هر حال دید مستقیم داشته باشند و از این رو بایستی ردیف‌های مختلف نسبت به ردیف قبل از خود اختلاف ارتفاع داشته که این مقدار معمولاً ۱۲ سانتی‌متر انتخاب می‌گشته ولی امروزه طبق استاندارد ۸ سانتی‌متر کفایت می‌کند..

بر اساس گفته‌ها، وجود راه نزدیک و آزاد صوتی از سرچشمه تا شنونده، فرم تالار و محیط شنوایی‌مان بهتر است دوزنقه انتخاب گردد. خصوصاً فرم A که از هر لحاظ برتری دارد و دوزنقه را در مورد یک فرم آکوستیکی کامل گردانیده. فرم سقف باید با استفاده از قوانین آکوستیک هندسی انتخاب گردد.

در نتیجه باید از ایجاد سطوح گود در هر صورت دوری جست به ویژه در صورتی که شعاع انحنا این سطوح در حدود ابعاد تالار باشد. سطوح گود با انحنای کوچک‌تر مشکل ایجاد نمی‌کند اما بزرگ‌تر بودن ممکن است ایجاد باز آوا یا اکو نماید و از وضوح گفتار بکاهد.

امواج منتشره از سرچشمه آوا از راه‌های مختلفی پس از بازتاب در سقف و دیوارها به گوش شنونده می‌رسد و از این رو ممکن است به علت طولانی بودن راه برخی از بازتاب‌ها مدتی پس از آوای اصلی به گوش برسد که اگر این فاصله زمانی بیش از ۵۰ هزارم ثانیه باشد بر آوای بازتابیده کوتاه نظیر صدای طبل یا زدن دست کاملاً متمایز و مشخص از آوای اصلی و به طور وضوح شنیده می‌شود که آن را پژواک یا باز آوا می‌نامند. ولی اگر آوای بازتابیده

در مدتی کمتر از ۵۰ هزارم ثانیه بازگشت نماید با آوای اصلی مخلوط شده فقط اثر و دوام آوا را در گوش زیاد تر می کند که بدان پس آوا اطلاق می شود.

سعی می گردد که اختلاف زمان مابین رسیدن آوای اصلی و آوای بازتاب از ۳۵ الی ۴۵ زارم ثانیه بیشتر نباشد که معادل است با اختلاف راه از ۱۲ تا ۱۵ متر، معمولاً مقدار کمتر را برای تالارهای سخنرانی و کلاس درس و مقدار متوسط را برای کنسرت هال و بیشتر را برای کلیساها و تالارهای کر انتخاب می نمایند.

۶. آکوستیک در بناها

در مساجد معمولاً طنین حائز اهمیت می باشد و مطلوب آن این است که طولانی باشد. این موضوع توسط گنبد ارضا می گردد. شکل هندسی سهمی گنبد باعث فوکوس شدن صدا می گردد. امواج صوتی با سطح درون گنبد برخورد کرده و به سمت کانون و مرکز آن همگرا می گردند. (این موضوع بسته به مقدار انحنای گنبد و همین طور نوع مصالح آن متفاوت است). گنبدها می توانند در جهت کنترل اکو طراحی گردند و باعث به تأخیر انداختن آن و در واقع مانع از رخداد آن گردند (با استفاده از مصالح جاذب) و یا با استفاده از مصالح تشدیدکننده آن چون مرمر و موزاییک به شدت آن را تقویت سازند.

در یک تالار اجتماعات اگر نسبت تماشاچی به حجم سالن زیاد باشد پس آوا تحت تأثیر جمعیت قرار می گیرد و نمی توان تالار را برای هر موردی استفاده نمود و یا از مصالح آبسوربت اضافی استفاده کرد و اگر هم سالن خالی باشد تفاوت فاحشی پدید می آید.. در این حالت از آبسوربت های متغیر استفاده می کنند که به نسبت جمعیت بتوانند آن ها را کم و زیاد گردانند.

در سینماها غالباً ایده آل این است که فضا به صورت صد در صد صامت بوده تا صدای فیلم بدون هیچ تغییری در کیفیت پخش گردد اما در این صورت سرچشمه و سیستم صوتی باید به شدت قوی گردد که این موضوع هم تعداد بلندگوها را افزایش می دهد که مقرون به صرفه نیست و هم باعث می شود صدا برای افراد نزدیک به سرچشمه

آزاردهنده گردد. این موضوع باعث می‌شود که طراحی آکوستیکی محیط حائز اهمیت گشته و از پس آواها استفاده مفید گردد.

۷. سیستم‌های صوتی

میکروفون‌ها مبدل‌های الکتروآکوستیک هستند که تغییرات فشار صوتی را به توان الکتریکی تبدیل می‌کنند. بهترین سیستم برای نصب اسپیکرها، نصب در دیوار می‌باشد یا در ستون‌ها که مشکلات حاصل از کمبود بلندگوها را برطرف می‌سازد و صدا را در پخش می‌سازد اما مقرون به صرفه نیست. در مورد هر فضای آکوستیکی ما می‌توانیم فضای مرده‌ای خلق نموده و صوت را به طور مصنوع از طریق اسپیکرها پخش نماییم که اقتصادی نمی‌باشد. توان اسپیکرها توسط وات سنجیده شده و بیانگر مقدار قدرتی که در پخش صداها بلند دارند، می‌باشد. در یک تالار یا بنایی مثل آن اتاق کنترلی جهت قرارگیری دستگاه‌های آمپلی‌فایر تعبیه می‌گردد و سیستم میکروفن‌ها و اسپیکرها را کنترل می‌نماید که می‌توان آن را به شیوه‌ای خاص بر اساس نیاز طراحی نمود. به عنوان مثال در چه زمانی چه اسپیکری فعال باشد و صدا از چه نقطه سالن خارج گردد و یا صدای هر میکروفن از کدام اسپیکر خارج گردد امثال آن.

۸. عایق‌بندی صوتی یا صدا بندی:

یکی از مشخصات استودیوی صدا برداری ایزوله بودن آن از نظر صوتی نسبت به محیط خارج است افزون بر این نویز داخل استودیو نیز می‌بایست در سطح استاندارد باشد. برای رسیدن به یک شرایط مطلوب از نظر سطح نویز زمینه در داخل استودیو می‌بایست به روش‌های مختلف راه‌های ورود صداها مزاحم را به داخل استودیو سد نمود افزون بر این در حد امکان از وسایلی که تولید نویز می‌کنند در داخل استودیو استفاده نشود. مجموعه روش‌ها و راهکارهای بکار گرفته‌شده در این زمینه ایزولاسیون صوتی خوانده می‌شود. انواع جاذب‌های صوتی در سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- جاذب صفحه‌ای ساده (Membrain Absorber)

۲- جاذب صفحه‌ای سوراخ دار (Dissipative Absorber)

۳- جاذب محفظه‌ای (حفره‌ای) (Cavity Absorber)

جاذب‌های صفحه‌ای یا لایه‌ای ساده بیش‌ترین کاربرد را در جذب صدا در فرکانس‌های پایین دارند. بر عکس جاذب‌های سوراخ دار برای جذب فرکانس‌های بالا مناسب هستند جاذب‌های محفظه‌ای نیز برای جذب صدا در یک محدوده باریک از باند فرکانسی مناسب هستند.

۱- جاذب‌های صفحه‌ای

جاذب‌های صفحه‌ای شامل یک لایه از ماده‌ای سبک با چگالی کم و حتی‌الامکان متخلخل است. از این گروه می‌توان تخته‌های چوبی چند لایه، پان، پلی اورتان (یونولیت) و صفحات جاذب متخلخل را نام برد. امروزه مواد مرکب هم که دارای جذب خوب بوده و از ترکیبی از الیاف معدنی و آلی می‌باشند به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند.

هر ماده‌ای از نظر درصد جذب انرژی صوت در کل باند فرکانسی و نیز در هر فرکانس ضریب جذب مخصوص به خود دارد.

ضریب جذب صوت در هر ماده از نسبت انرژی صوتی جذب‌شده به انرژی صوتی اولیه به دست می‌آید.

ضریب جذب صفر به معنی انعکاس تمام صوت و ضریب جذب 0.5 معادل جذب 50% انرژی و ضریب 1 جذب کل انرژی صوتی است. البته در عمل جذب کامل و یا انعکاس کامل در مصالح وجود ندارد.

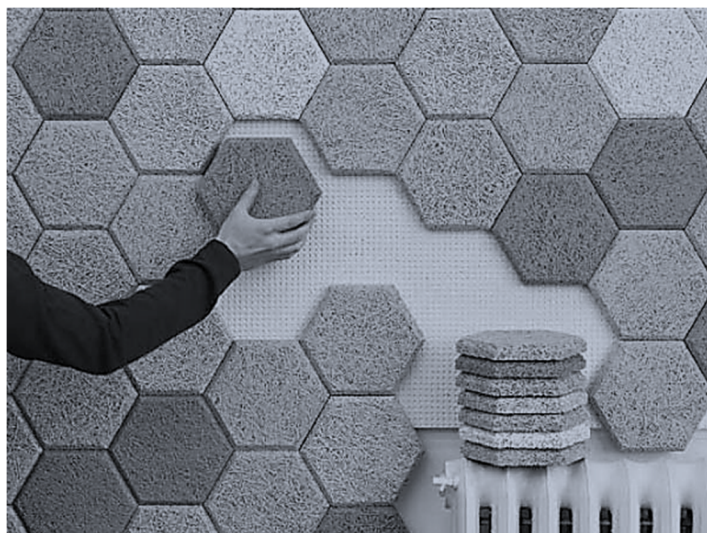
از دیوارهای جاذب به صورت‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود مثلاً روکش نمودن سازه اصلی بنا از داخل با لایه‌ای از مواد جاذب که در جلوگیری از انعکاس صوت مؤثر بوده و انتشار صوت را به میدان آزاد نزدیک می‌کند جاذب‌های سوراخ دار (مشبک)

امروزه شرکت‌های مختلفی صفحات جاذب سوراخ دار و مشبک را در انواع و ابعاد مختلف به بازار عرضه نموده‌اند که با نام عمومی آکوستیک تایل (Acoustic tile) به فروش می‌رسند برای انتخاب مناسب آن‌ها بایستی

مشخصات فنی جذب آن‌ها معلوم باشد این صفحات به صورت مخلوطی از الیاف مختلف و برخی مواد جاذب سبک به صورت متخلخل و با روکش نرم یا سخت سوراخ دار در ابعاد متنوع تهیه شده‌اند.

۲- جاذب‌های محفظه‌ای (هلم هولتز)

برای جذب صوتی در فرکانس‌های پایین و باند باریک همچنین در مکان‌های عمومی و پر جمعیت و نیز تا لارها از رزوناتورهای محفظه‌ای یا رزوناتورهای هلم هولتز استفاده می‌شود
برای دسترسی به جذب صوتی بهتر علاوه بر استفاده از تاپل‌های آکوستیکی از آویزهای جذبی به شکل مکعب به فواصل مناسب نیز می‌توان استفاده نمود.



شکل ۳- جاذب صوتی الیافی