



وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مقررات ملی ساختمان ایران

مبحث هجدهم

عایق‌بندی و تنظیم صدا

دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان
ویرایش سوم (۱۳۹۶)



@omoorepeyman.ir

صفحه شناسنامه



به نام خدا

پیش‌گفتار

مقررات ملی ساختمان در تمامی کشورها قواعدی هستند که به نحوی اجرای آن‌ها توسط شهروندان الزام قانونی پیدا می‌کند. ادراک مشترک کلیه عوامل و عناصر مرتبط اعم از دولت، دولت‌های محلی، مردم و مهندسان، موجب می‌گردد که منافع ملی ناشی از حفظ و افزایش بهره‌وری از سرمایه‌گذاری‌های ملی و هم چنین حفظ جان و منافع عمومی بهره‌برداران ساختمان‌ها بر منافع سازمانی دستگاه‌های اجرایی و یا منافع دولت‌های محلی و هم چنین منافع فوری سرمایه‌گذاران ترجیح داده شود. بدیهی است توافق و التزام بر این دسته از منافع و خواسته‌ها در قالب برنامه توسعه نظام ملی ساخت و ساز تحقق می‌یابد.

از سال ۱۳۶۶ مقررات حاکم بر جنبه‌های مهندسی و فنی ساختمان (طراحی - نظارت - اجرا)، توسط وزارت راه و شهرسازی در قالب مقررات ملی ساختمان به تدریج وضع و استفاده از آن الزامی شده است. توسعه آموزش عالی، مراکز فنی و حرفه‌ای و سازمان‌های نظام مهندسی موجب افزایش نیروی انسانی متخصص و ماهر در سطح کشور گردید و به موازات آن مقررات ملی ساختمان و استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمانی نیز به همت اساتید و صاحب‌نظران شاغل در حرفه به صورت دوره‌ای مورد بازنگری و تجدید چاپ قرار گرفته‌اند. در حال حاضر این مقررات به درجه‌ای از کمال و غنا رسیده است که به عنوان مرجع و منبع آموزشی ضمن تأمین نیاز نسبی دانشگاهیان و جامعه مهندسی کشور، سازندگان و بهره‌برداران، ابزار و مرجع کنترل لازم را برای اطمینان از کیفیت ساخت و سازها برای ناظران و بازرسان فراهم نموده است.

مقایسه کیفیت ساختمان‌ها بویژه از حیث سازه‌ای در سال‌های اخیر با قبل از تدوین مقررات ملی ساختمان مؤید تأثیر این مقررات در ارتقای کیفیت ساختمان‌ها و سیر تکاملی آن در جهت تأمین ایمنی، بهداشت، رفاه و آسایش و صرفه اقتصادی می‌باشد اما با مقایسه آمار کمی و کیفی، وضع موجود کشور با میانگین شاخص‌های جهانی فاصله قابل توجهی وجود دارد.

برای جبران فاصله شاخص‌های پیش گفته شده لازم است اولاً نهادهای حاکمیتی سیاست‌گذار و برنامه‌ریز و مراجع صدور پروانه ساختارهای کنترل و نظارت را مورد بازنگری قرار داده تا سیستم

پ



نظارت جدی‌تری نسبت به تولید، توزیع و مصرف مصالح استاندارد و اجرای مقررات ملی ساختمان اعمال گردد. ثانیاً سازمان‌های نظام مهندسی ساختمان، تشکل‌های حرفه‌ای دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی بیش از پیش در ترویج و تبیین مقررات وضع شده، الگوسازی و ارایه نمونه‌های عینی رعایت مقررات یاد شده و معرفی فن‌آوری‌های نوین و به نمایش گذاشتن مزایای آن تلاش نمایند. ثالثاً مهندسان و سازندگان که وظیفه اساسی در اعمال ضوابط و مقررات ساختمانی را در طراحی، اجرا و نظارت ساخت و سازها بر عهده دارند با به روز رسانی دانش فنی و مهارت حرفه‌ای و با تکیه بر اصل اخلاق حرفه‌ای خود نسبت به اجرای مقررات ملی ساختمان بیش از پیش اصرار ورزیده و کارفرمایان و مالکان نیز تشویق یا ملزم به رعایت مقررات ملی ساختمان آن شوند. همچنین مردم به عنوان بهره‌برداران نهایی می‌توانند با افزایش سطح آگاهی از حقوق خود نقش اساسی در ارتقای کیفیت از طریق افزایش مطالبات در کیفیت و بهره‌وری ساختمان‌ها و ایجاد انگیزه رقابت در ارایه ساختمان‌های با کیفیت ایفا نمایند.

در خاتمه از کلیه اساتید و صاحب‌نظران و تدوین‌کنندگان که از ابتدا تاکنون در تدوین و تجدیدنظر مباحث مقررات ملی ساختمان تلاش نموده و در همفکری و همکاری با این وزارت از هیچ کوششی دریغ ننموده‌اند، سپاس‌گزارم. همچنین برای دست‌اندرکاران ساخت و ساز از دستگاه‌های نظارتی و کنترلی مراجع صدور پروانه و کلیه عزیزانی که اجرای این مقررات را خدمتگزاری به میهن و مردم خویش می‌پندارند، آرزوی موفقیت و سربلندی در پیشگاه خدای متعال می‌نمایم.

عباس آخوندی
وزیر راه و شهرسازی

ت



تاریخ: ۱۳۹۶/۵/۴
شماره: ۲۱۱۲۶/۱۰۰/۰۲

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی



وزیر

بسمه تعالی

جناب آقای دکتر رحمانی فضلی - وزیر محترم کشور
جناب آقای مهندس نابی - رئیس محترم بنیاد مسکن انقلاب اسلامی
جناب آقای مهندس رجبی - رئیس محترم شورای مرکزی سازمان نظام مهندسی ساختمان
مدیران کل محترم راه و شهرسازی استان ها

سلام علیکم

در اجرای ماده ۲۳ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان مصوب ۱۳۷۴، بدینوسیله ویرایش سوم مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان «عایق بندی و تنظیم صدا» که مراحل تهیه، تدوین و تصویب را در وزارت راه و شهرسازی گذرانده جهت استحضار و صدور دستور برای اجرا از تاریخ ۹۶/۰۷/۰۱ در کل کشور، ابلاغ می گردد. زمان انقضای ویرایش سال ۱۳۹۰ مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، دو سال بعد از تاریخ این ابلاغ خواهد بود و بنابر این از تاریخ ۹۶/۰۷/۰۱ لغایت دو سال بعد از تاریخ این ابلاغ، استفاده از هر کدام از دو ویرایش فوق الذکر مجاز شمرده خواهد شد.

عباس آخوندی

وزیر

ث



هیأت تدوین کنندگان مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان – ویرایش سوم (۱۳۹۶)
(بر اساس حروف الفبا)

الف) اعضای شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

عضو	• مهندس شاپور طاحونی	رئیس	• دکتر محمدتقی احمدی
عضو	• مهندس بهروز علمداری میلانی	عضو	• مهندس محمدرضا انصاری
عضو	• مهندس مسعود غازی سلحشور	عضو	• دکتر حمید باقری
عضو	• مهندس یونس قلی زاده طیار	عضو	• دکتر سعید بختیاری
عضو	• دکتر بهروز گتمیری	عضو	• دکتر حمید بدیعی
عضو	• دکتر حامد مظاهریان	عضو	• دکتر ناصر بنیادی
عضو	• دکتر محمودرضا ماهری	عضو	• مهندس محسن بهرام غفاری
عضو	• دکتر بهروز محمدکاری	عضو	• دکتر محسن تهرانی زاده
عضو	• مرحوم مهندس حشمت‌اله منصف	عضو	• مهندس محمد ابراهیم دادسرشت
عضو	• دکتر سید رسول میرقادری	عضو	• مهندس سید محمدتقی راتقی
عضو	• مهندس نادر نجیمی	عضو	• دکتر علی اکبر رضانیانپور
عضو	• مهندس سیدرضا هاشمی	عضو	• دکتر محمد شکرچی زاده
		عضو	• مهندس علی اصغر طاهری بهبهانی

ب) اعضای کمیته تخصصی

رئیس	• دکتر حمید باقری
عضو	• معصومه پیراسته
عضو	• آزاده رئیسیان
دبیر	• مهندس منصور نجفی مطیعی
عضو	• دکتر پروین نصیری
عضو	• محمدجعفر هدایتی

پ) اعضای دبیرخانه شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

معاون دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان و دبیر شورا	• مهندس سهیلا پاکروان
رئیس گروه تدوین مقررات ملی ساختمان	• دکتر بهنام مهرپرور
کارشناس معماری دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان	• مهندس سید محمدرضا میرعبداللهی

چ



مقدمه ویرایش سوم

مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان تحت عنوان "عایق‌بندی و تنظیم صدا"، برای نخستین بار در سال ۱۳۷۹ تدوین شد. در این مبحث، پس از بیان شاخص‌های آکوستیکی لازم برای درک مقررات، مقادیر نوفه مجاز برای فضاهای مختلف و همچنین مقررات صدابندی هوابرد و کوبه‌ای جداکننده‌های مختلف در ساختمان‌ها با کاربری‌های گوناگون عنوان گردید. همچنین روش محاسبه صدابندی یک جدار مرکب و مقادیر عددی صدابندی هوابرد و کوبه‌ای تعدادی از جداکننده‌ها در جداول پیوست ارائه شدند.

در اولین بازنگری مبحث در سال ۱۳۹۰، با توجه به نیازهای مطرح شده از طرف جامعه مهندسی، موارد زیر در نظر گرفته شد:

- منطقه‌بندی شهری از نظر تراز نوفه محیطی برای کاربری‌های ساختمانی گوناگون
 - تکمیل مقررات آکوستیکی برای تعداد بیشتری از کاربردها
 - بازنگری مقادیر مجاز نوفه و صدابندی با توجه به منطقه‌بندی شهری
 - تکمیل جداول صدابندی اجزای ساختمانی با توجه به سیستم‌های سنتی و نوین
 - ارائه مقادیر ضریب جذب صدای تعدادی از مواد و مصالح ساختمانی جهت بهینه‌سازی آکوستیک داخلی فضاها، در جداول پیوست
 - ارائه مثالی از مراحل طراحی آکوستیکی برای دو مجموعه ساختمانی با کاربردهای مختلف (آموزشی و مسکونی) جهت راهنمایی
- اکنون با هدف گسترش حوزه شمول و اجرایی شدن این مبحث در صنعت ساختمان کشور و با توجه به لزوم بروز رسانی مطالب، بار دیگر مبحث مورد بازنگری قرار گرفته و موارد زیر در ویرایش سوم آن لحاظ شده است:

- ویرایش متن و ترتیب قرارگیری تعاریف در جهت سهولت استفاده از آن‌ها
- مطرح نمودن شاخص وضوح گفتار در قسمت تعاریف، به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم تعیین‌کننده وضعیت آکوستیک داخلی برای فضاهای با کاربرد خاص
- بازبینی و اصلاح جدول "منطقه‌بندی شهری از نظر نوفه محیطی" در بخش مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها و اضافه نمودن کاربری‌های جدید به آن
- ویرایش مجدد متن و یادآوری‌های قسمت مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها
- بازنگری مقادیر مجاز نوفه زمینه، زمان واخنش و صدابندی در جداول مربوط به هر کاربرد و اعمال مقادیر جدید در کلیه جداول ارائه شده

ح



- اصلاح عناوین فضاها و جداکننده‌ها، همچنین تفکیک و مرتب‌سازی نوع جداکننده‌ها در جداول صدابندی با توجه به کاربرد آن‌ها
 - ارائه مقادیر مجاز شاخص وضوح گفتار برای فضاهای با کاربرد خاص
 - انتقال مقادیر مجاز برای فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون، به بند جدیدی تحت همین عنوان
 - ارائه مقادیر مجاز نمودارهای برسنج ترجیحی نوفه در جداول نوفه زمینه برای کاربردهای مختلف
 - اضافه کردن مقادیر شاخص‌های درجه تراگیسیل صدا و درجه صدابندی کوبه‌ای در جداول صدابندی، برای استفاده‌کنندگان از استانداردهای ASTM
 - اصلاح پیوست "راهنمای طراحی آکوستیکی" با توجه به لزوم در نظر گرفتن حریم برای بزرگراه‌های شهری
- امید است با تکمیل اطلاعات و ارائه راهنمایی‌ها و مثال‌ها در مبحث بازنگری شده جدید، زمینه اجرایی شدن این مبحث در صنعت ساختمان کشور فراهم شود.

کمیته تخصصی مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان

۱۳۹۶

خ



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱-۱۸ کلیات
۱	۱-۱-۱۸ هدف
۱	۲-۱-۱۸ حدود و نحوه کاربرد
۲	۳-۱-۱۸ تعاریف
۲۱	۲-۱۸ مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها
۲۱	۱-۲-۱۸ مقررات عمومی
۲۳	۲-۲-۱۸ ساختمان‌های مسکونی
۲۵	۳-۲-۱۸ هتل‌ها
۲۸	۴-۲-۱۸ تصرف‌های آموزشی
۳۱	۵-۲-۱۸ مراکز بهداشتی درمانی
۳۴	۶-۲-۱۸ تصرف‌های اداری/ حرفه‌ای و کسبی/ تجاری
۳۷	۷-۲-۱۸ مراکز فرهنگی
۴۱	۸-۲-۱۸ مراکز ورزشی و تفریحی
۴۴	۹-۲-۱۸ مراکز ترابری
۴۶	۱۰-۲-۱۸ فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون
۵۱	پیوست ۱- روش تعیین شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب
۵۹	پیوست ۲- مقادیر ضریب جذب مواد و مصالح گوناگون
۶۳	پیوست ۳- مقادیر صدابندی هوابرد جداکننده‌ها
۷۵	پیوست ۴- مقادیر صدابندی کوبه‌ای و هوابرد کف-سقف‌ها



پیوست ۵- مثالی از راهنمای طراحی آکوستیکی (برای دو مجموعه ساختمانی با کاربری‌های مختلف

۸۱

واژه‌نامه

۹۵

فهرست استانداردهای قابل استفاده

۹۷

د



omoorepeyman.ir

۱-۱۸ کلیات

۱-۱-۱۸ هدف

هدف از تدوین این مقررات تعیین مقادیر مجاز برای شاخص‌های اصلی مورد نیاز در طراحی آکوستیکی ساختمان، در راستای فراهم آوردن صدابندی و صدارسانی مطلوب در ساختمان‌ها است تا از این طریق، آسایش و شرایط مناسب شنیداری تأمین شود.

۱-۱-۱۸-۲ حدود و نحوه کاربرد

رعایت این مقررات در مورد کاربری‌های ساختمانی عنوان شده در بند ۱-۱-۲-۱۸ الزامی است. همچنین این مقررات در تمام ساختمان‌های کوتاه مرتبه و بلندمرتبه بدون در نظر گرفتن تعداد طبقه و محاسبات اضافه، قابل اجرا می باشد.

۱-۱-۲-۱۸ تراز نوفه زمینه، زمان واخنش و شاخص وضوح گفتار تعیین شده برای فضاهای مختلف که در بند ۱-۱۸ ارائه شده‌اند، مربوط به شرایط تحویل می باشد.

۱-۱-۲-۲ روش اندازه‌گیری مربوط به تراز نوفه زمینه، زمان واخنش، وضوح گفتار و شاخص‌های صدابندی جدارها، باید براساس استانداردهای ملی ایران باشد و در صورت عدم وجود استاندارد ملی، باید استانداردهای بین‌المللی تأیید شده و معتبر، ملاک عمل قرار گیرد. چنانچه در مدت اعتبار این مبحث، استانداردها و معیارهای جدیدی به تصویب برسد، جانشین استانداردها و معیارهای مشابه در این مبحث خواهد شد.



۱۸-۱-۳ تعاریف

۱۸-۱-۳-۱ تراز شدت صدا، L_I

تراز شدت صدا عبارت است از ده برابر لگاریتم (بر پایه ده) نسبت شدت صدا به شدت صدای مبنا برحسب دسی بل، که از معادله (۱) به دست می آید:

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad \text{dB} \quad (1)$$

که در آن:

I : شدت مؤثر صدای مورد نظر، برحسب وات بر مترمربع؛

I_0 : شدت مؤثر صدای مبنا که مقدار آن برابر است با 10^{-12} وات بر مترمربع.

۱۸-۱-۳-۲ تراز فشار صدا، L_p

تراز فشار صدا عبارت است از ده برابر لگاریتم (بر پایه ده) نسبت مربع فشار صدا به مربع فشار صدای مبنا برحسب دسی بل، که از معادله (۲) به دست می آید:

$$L_p = 10 \cdot \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} \quad \text{dB} \quad (2)$$

که در آن:

p : فشار صدای مؤثر مورد نظر، برحسب پاسکال؛

p_0 : فشار صدای مؤثر مبنا که مقدار آن برابر است با 2×10^{-5} پاسکال.

یادآوری ۱: فشار صدای مؤثر مبنا و شدت صدای مؤثر مبنا، نشان دهنده آستانه شنوایی گوش انسان است.

یادآوری ۲: از آنجائی که مقدار عددی تراز فشار صدا و تراز شدت صدا با یکدیگر برابرند، در هر دو مورد می توان از واژه "تراز صدا" استفاده کرد.

۱۸-۱-۳-۳ تراز فشار صدای وزن یافته L_{PA} ، A

تراز فشار صدای وزن یافته A ، از معادله (۳) برحسب دسی بل محاسبه می شود:



$$L_{pA} = 20 \cdot \log \frac{p_A}{p_0} \quad \text{dB} \quad (3)$$

که در آن :

p_A : فشار صدای وزن یافته براساس شبکه وزنی A، برحسب پاسکال؛
 p_0 : فشار صدای مؤثر مبنا که مقدار آن برابر است با 2×10^{-5} پاسکال؛

۱۸-۱-۳-۴ تراز صدای معادل، L_{eq}

تراز صدای معادل یک موج صوتی غیر یکنواخت، عبارت است از مقدار تراز فشار صدای پیوسته و پایدار که در یک مدت زمان مشخص T، دارای همان فشار صدای مؤثری باشد که صدای مورد نظر با تراز متغیر دارد. این کمیت از معادله (۴) برحسب دسی بل به دست می آید:

$$L_{eqT} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad \text{dB} \quad (4)$$

که در آن:

$p(t)$: فشار صدای لحظه ای، برحسب پاسکال؛
 p_0 : فشار صدای مؤثر مبنا که مقدار آن برابر است با 2×10^{-5} پاسکال؛
 T: مدت زمان اندازه گیری تراز صدا، برحسب ثانیه.

یادآوری: "تراز صدای معادل" عبارت اختصاری برای "تراز فشار صدای معادل پیوسته" است، که در برخی مراجع به عنوان "تراز صدای میانگین" نیز قید شده است.

۱۸-۱-۳-۵ تراز صدای معادل وزن یافته A، L_{AeqT}

این کمیت تراز معادل فشار صدای پیوسته ای است که پیش از مربع کردن و میانگین گیری، با اعمال شبکه A، وزن دهی شده است. مقدار این کمیت از معادله (۵) برحسب دسی بل محاسبه می شود:

$$L_{AeqT} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad \text{dB} \quad (5)$$



که در آن:

$p_A(t)$: فشار صدای لحظه‌ای وزن‌یافته با شبکه وزنی A ، برحسب پاسکال؛
 p_0 : فشار صدای مؤثر مبنا که مقدار آن برابر است با 2×10^{-5} پاسکال؛
 T : مدت زمان اندازه‌گیری تراز صدا، برحسب ثانیه.

یادآوری: در این مقررات، مدت زمان اندازه‌گیری برابر با ۳۰ دقیقه (معادل ۱۸۰۰ ثانیه) در نظر گرفته شده است.

۱۸-۱-۳-۶ تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده، L_n

این شاخص، بیانگر میزان تراز فشار صدای کوبه‌ای تراگسیل‌یافته از سقف است و از معادله (۶) برحسب دسی‌بل به‌دست می‌آید:

$$L_n = L_i + 10 \cdot \log \frac{A}{A_0} \quad \text{dB} \quad (6)$$

که در آن:

L_i : تراز فشار صدای میانگین در یک بند یک‌سوم هنگامی در اتاق دریافت برحسب دسی‌بل؛
 A : سطح معادل جذب اندازه‌گیری شده در اتاق دریافت، برحسب مترمربع؛
 A_0 : سطح معادل جذب مبنا، برابر با ۱۰ مترمربع.

یادآوری: در آزمایشگاه صدابندی، این کمیت بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۶ و در شرایط میدانی بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۷ به‌دست می‌آید. اندازه‌گیری کاهش تراگسیل صدای کوبه‌ای توسط کف‌پوش‌ها بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۸ انجام می‌شود.

۱۸-۱-۳-۷ تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده وزن‌یافته، L_{nw}

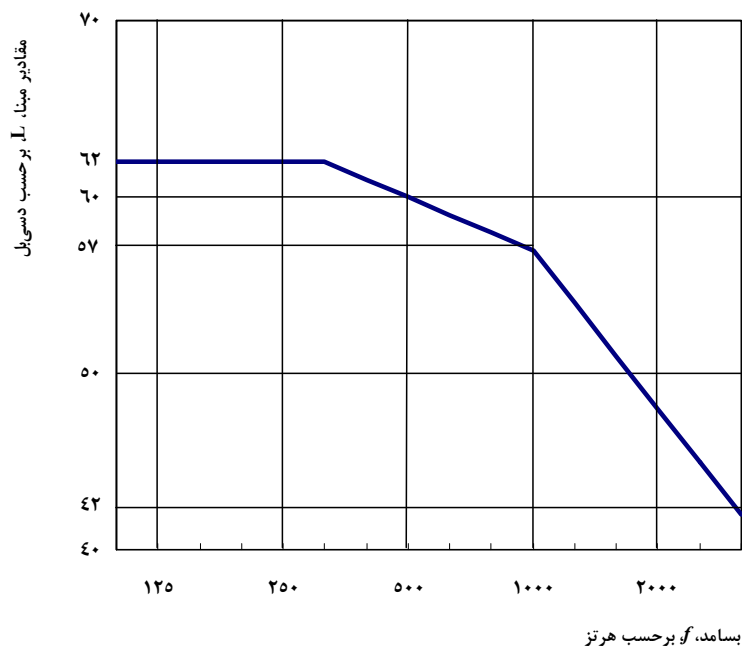
تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده وزن‌یافته کمیتی است تک‌عددی برای درجه‌بندی صدابندی سقف-کف در برابر صدای کوبه‌ای که بر اساس نتایج اندازه‌گیری‌های تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده در بسامد بندهای یک‌سوم هنگامی به‌دست می‌آید. این کمیت، برابر است با مقدار نمودار مبنا برای صدای کوبه‌ای در بسامد ۵۰۰ هرتز، پس از لغزاندن آن به روشی که در استاندارد ملی ایران ۸۸۳۴-۲ مشخص شده است. مقادیر مبنا برای صدای کوبه‌ای در جدول ۱۸-۳-۱ و نمودار شکل ۱۸-۳-۱ ارائه شده است.



جدول ۱۸-۱-۳: مقادیر مبنا برای صدای کوبه‌ای

مقادیر مبنا بر حسب دسی‌بل		بسامد بر حسب هرتز
بندهای یک‌هنگامی	بندهای یک‌سوم‌هنگامی	
۶۷	۶۲	۱۰۰
	۶۲	۱۲۵
	۶۲	۱۶۰
۶۷	۶۲	۲۰۰
	۶۲	۲۵۰
	۶۲	۳۱۵
۶۵	۶۱	۴۰۰
	۶۰	۵۰۰
	۵۹	۶۳۰
۶۲	۵۸	۸۰۰
	۵۷	۱۰۰۰
	۵۴	۱۲۵۰
۴۹	۵۱	۱۶۰۰
	۴۸	۲۰۰۰
	۴۵	۲۵۰۰
	۴۲	۳۱۵۰





شکل ۱۸-۳-۱: نمودار مقادیر مینا برای صدای کوبه‌ای، در بندهای یک‌سوم هنگامی

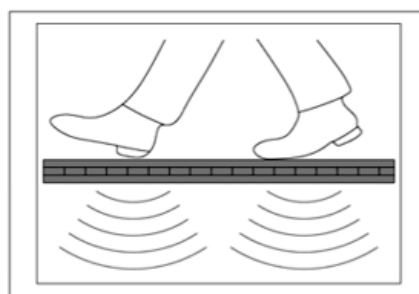
با توجه به آنکه هر چقدر میزان صدای تراگیل شده کم‌تر باشد، صدابندی بهتری حاصل می‌شود، بنابراین کاهش L_{nw} بیانگر افزایش صدابندی در برابر صدای کوبه‌ای است. شاخص تک‌عددی دیگری که برای بیان صدابندی سقف در برابر صدای کوبه‌ای به‌کار می‌رود، بر اساس استاندارد ASTM E989 درجه صدابندی کوبه‌ای، IIC است. افزایش IIC نشان‌دهنده افزایش صدابندی در برابر صدای کوبه‌ای است. رابطه بین IIC و L_{nw} در معادله (۷) نشان داده شده است:

$$IIC = 110 - L_{nw} \quad (۷)$$

۱۸-۳-۱-۸ تراگیل صدای کوبه‌ای

هرگاه جداکننده‌ای در اثر کوبش به ارتعاش درآید، نحوه انتقال صدای اولیه به فضای مورد نظر را تراگیل صدای کوبه‌ای از طریق آن جداکننده گویند. مانند صدای راه رفتن بر روی کف که به طبقه پایین منتقل شود (شکل ۱۸-۳-۱-۸).

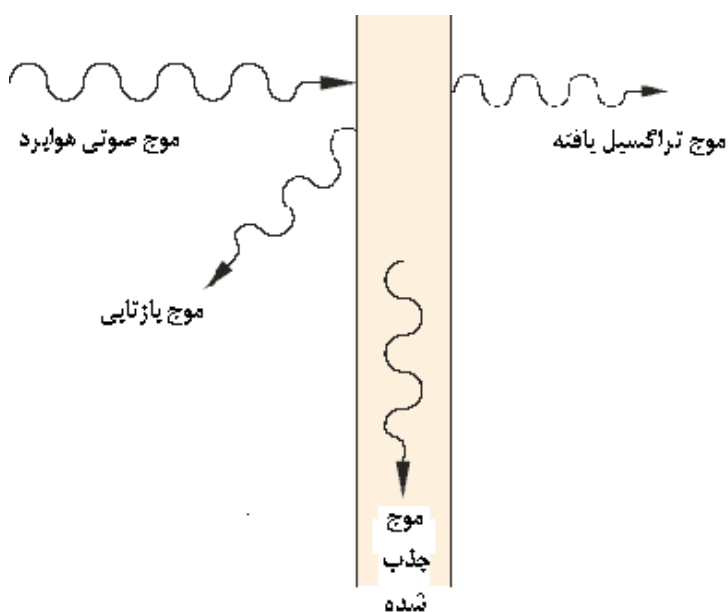




شکل ۱-۱۸-۳-۲: تراگسیل صدای کوبه‌ای از طریق کف - سقف

۱-۱۸-۳-۹ تراگسیل صدای هوابرد

هرگاه جداکننده‌ای به وسیله امواج صدای هوابرد به ارتعاش درآید، نحوه انتقال صدای اولیه به فضای مورد نظر را تراگسیل صدای هوابرد از طریق آن جداکننده گویند. مانند صدای آموزگار که از یک کلاس درس به کلاس مجاور انتقال می‌یابد. (شکل ۱-۱۸-۳-۳)



شکل ۱-۱۸-۳-۳: تراگسیل صدای هوابرد از طریق یک جداکننده



۱۸-۱-۳-۱۰ جداکننده ساده

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

۱۸-۱-۳-۱۱ جداکننده مرکب

جداکننده مرکب به جداکننده‌ای گفته می‌شود که سطح آن از دو یا چند جداکننده ساده تشکیل شده باشد. مانند پوسته خارجی ساختمان که ترکیبی از دیوار، در و پنجره است.

یادآوری: نحوه محاسبه شاخص کاهش صدا برای جداکننده مرکب، در پیوست ۱ ارائه شده است.

۱۸-۱-۳-۱۲ زمان واخنش، T

زمان واخنش در یک فضای بسته، مدت زمانی است که پس از قطع منبع صدا، تراز فشار صدا ۶۰ دسی‌بل افت کند. زمان واخنش با توجه به مشخصات فضا با استفاده از یکی از دو معادله (۸) یا (۹) محاسبه می‌شود:

$$\text{معادله سابین} \quad T = \frac{0.16V}{4mV + A} \quad (8)$$

$$\text{معادله ایرینگ} \quad T = \frac{0.16V}{4mV - S \ln(1 - \bar{\alpha})} \quad (9)$$

که در آن:

T : زمان واخنش اتاق، برحسب ثانیه؛

S : مجموعه سطوح اتاق، برحسب مترمربع؛

V : حجم اتاق، برحسب مترمکعب؛

A : سطح معادل جذب‌کننده‌های اتاق، برحسب مترمربع؛

m : جذب طولی هوا، برحسب متر به توان منفی یک؛

$\bar{\alpha}$: ضریب جذب میانگین اتاق؛

$\ln$: لگاریتم در پایه e



یادآوری ۱: سطح معادل جذب کننده ها، A و ضریب جذب میانگین، $\bar{\alpha}$ ، از معادله های (۱۰) و (۱۱) محاسبه می شود:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i s_i \quad (10)$$

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^n s_i} \quad (11)$$

که در آن :

α_i : ضریب جذب صوتی هر یک از سطوح موجود در اتاق؛
 s_i : مساحت هر یک از سطوح موجود در اتاق، برحسب مترمربع.

یادآوری ۲: در صورتی که $\bar{\alpha} > 0.2$ باشد، نتایج حاصل از فرمول ایرینگ دقیق تر است.

یادآوری ۳: در برخی از مراجع رابطه زمان واخنش به $T = 0.16 \frac{V}{A}$ ساده شده است.

یادآوری ۴: زمان واخنش یک فضای بسته بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۱۹ اندازه گیری می شود.

۱۸-۳-۱-۱۳ شاخص تراگیسل گفتار، STI

شاخص تراگیسل گفتار، شاخصی برای سنجش و تعیین وضوح گفتار در یک فضا است. این کمیت به نوفه زمینه، زمان واخنش و فاصله شنونده از منبع صدا بستگی دارد و بر اساس استاندارد IEC 60268-16 اندازه گیری و محاسبه می شود.

۱۸-۳-۱-۱۴ شاخص کاهش صدا، R

این شاخص بیانگر میزان صدابندی جداکننده در برابر صدای هوا برد است (اصطلاح "افت تراگیسل صدا" (TL) که هم چنان در برخی کشورها مورد استفاده قرار می گیرد، معادل با "شاخص کاهش



صدا“ است). شاخص کاهش صدا یا افت تراگیسل صدا از معادله (۱۲) برحسب دسی بل تعیین می شوند:

$$R = 10 \cdot \log \frac{W_1}{W_2} = 10 \cdot \log \frac{1}{\tau} \quad \text{dB} \quad (12)$$

که در آن:

W_1 : توان صدای فرودی بر روی جداکننده تحت آزمون، برحسب وات؛

W_2 : توان صدای تراگیسل شده از طریق آزمونه، برحسب وات؛

τ : ضریب تراگیسل جداکننده.

یادآوری: در آزمایشگاه صدابندی، این کمیت بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۳ و در شرایط میدانی بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۴ به دست می آید. اندازه گیری صدابندی نمای ساختمان بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۵ انجام می شود.

۱۸-۱-۳-۱۵ شاخص کاهش صدای وزن یافته، R_w

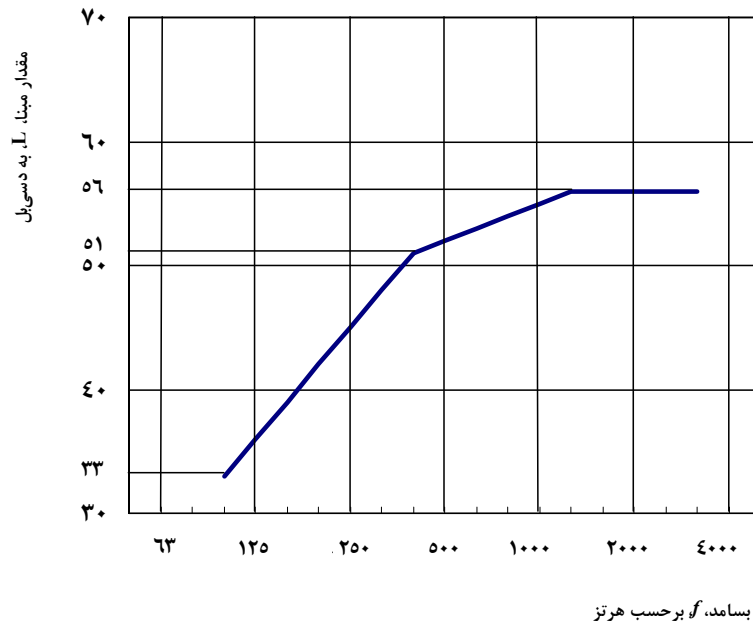
شاخص کاهش صدای وزن یافته، کمیتی تک عددی برای درجه بندی صدابندی جداکننده در برابر صدای هوابرد است که بر اساس نتایج اندازه گیری های شاخص کاهش صدا در بسامد بندهای یک سوم هنگامی به دست می آید. مقدار این کمیت، برابر است با مقدار نمودار مبنا در بسامد ۵۰۰ هرتز، پس از لغزاندن آن به روشی که در استاندارد ملی ایران ۸۸۳۴-۱ مشخص شده است. مقادیر مبنا برای صدای هوابرد در جدول ۱۸-۳-۲ و نمودار شکل ۱۸-۳-۴ ارائه شده است.



جدول ۱-۱۸-۱-۳: مقادیر مبنا برای صدای هوابرد

مقادیر مبنا به دسی بل		بسامد به هرتز
بندهای یک سوم هنگامی	بندهای یک هنگامی	
۳۶	۳۳	۱۰۰
	۳۶	۱۲۵
	۳۹	۱۶۰
۴۵	۴۲	۲۰۰
	۴۵	۲۵۰
	۴۸	۳۱۵
۵۲	۵۱	۴۰۰
	۵۲	۵۰۰
	۵۳	۶۳۰
۵۵	۵۴	۸۰۰
	۵۵	۱۰۰۰
	۵۶	۱۲۵۰
۵۶	۵۶	۱۶۰۰
	۵۶	۲۰۰۰
	۵۶	۲۵۰۰
	۵۶	۳۱۵۰





شکل ۱۸-۳-۴: نمودار مقادیر مینا برای صدای هوابرد، در بندهای یک‌سوم هنگامی

شاخص تک‌عددی دیگری که برای بیان صدا بندی جداکننده در برابر صدای هوابرد به کار می‌رود، بر اساس استاندارد ASTM E413 درجه تراگیسیل صدا، STC است که مقدار آن از نظر عددی تقریباً برابر با R_w است.

۱۸-۳-۱۶ شاخص‌های اندازه‌گیری نوفه زمینه

مقدار صدای یک منبع صوتی یا نوفه زمینه در یک فضا معمولاً به دو روش تک‌عددی و یا نموداری ارائه می‌شود که به‌طور مختصر به‌شرح زیر می‌باشد:

۱۸-۳-۱۶-۱ شاخص تک‌عددی

شاخص تک‌عددی شاخصی است که تراز نوفه زمینه را به‌وسیله یک عدد تنها بیان می‌کند. در این مقررات از شاخص تراز صدای معادل در شبکه وزنی A (L_{AeqT}) استفاده شده است.



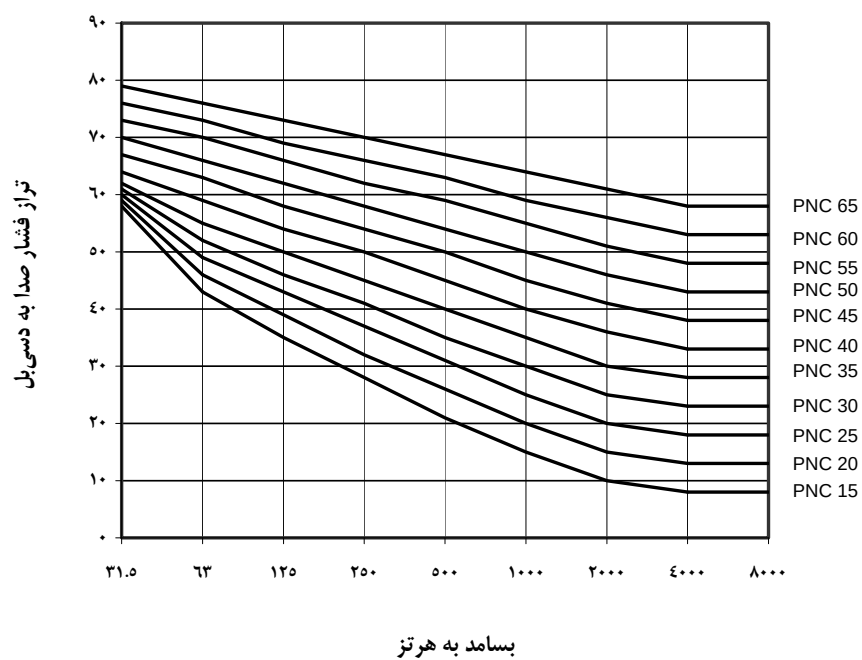
۱۸-۱-۳-۱۶ شاخص نموداری

این شاخص، نوفه زمینه را در بسامدهای مختلف مورد بررسی قرار می‌دهد و معمولاً برای فضاهایی مانند سالن‌های سخنرانی، سینما، آمفی‌تئاتر و امثال آن‌ها به‌کار برده می‌شود. در این مقررات، نمودارهای برسنج ترجیحی نوفه (PNC) برای اندازه‌گیری نوفه در فضاهای داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمودارهای PNC برای سنجش میزان قابل قبول بودن نوفه ناشی از تهویه و دیگر منابع نوفه زمینه در گستره وسیع بسامدی به‌کار می‌رود. در این روش تراز صدا به‌وسیله صافی‌های صوتی در یک گستره بسامدی (معمولاً ۳۱٫۵ تا ۸۰۰۰ هرتز) اندازه‌گیری و به‌صورت نمودار ارائه می‌شود. سپس با نمودارهای برسنج ترجیحی نوفه (PNC) که در این مقررات ارائه شده، مقایسه و درجه‌بندی می‌گردد (جدول ۱۸-۱-۳-۳ و شکل ۱۸-۱-۳-۵).

جدول ۱۸-۱-۳-۳: مقادیر تراز فشار صدا مربوط به نمودارهای برسنج ترجیحی نوفه، PNC

شماره نمودارهای PNC	ترازهای فشار صدا، برحسب دسی‌بل								
	بسامدهای مرکزی بندهای یک‌هنگامی، برحسب هرتز								
	۳۱٫۵	۶۳	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰
PNC – 15	۵۸	۴۳	۳۵	۲۸	۲۱	۱۵	۱۰	۸	۸
PNC – 20	۵۹	۴۶	۳۹	۳۲	۲۶	۲۰	۱۵	۱۳	۱۳
PNC – 25	۶۰	۴۹	۴۳	۳۷	۳۱	۲۵	۲۰	۱۸	۱۸
PNC – 30	۶۱	۵۲	۴۶	۴۱	۳۵	۳۰	۲۵	۲۳	۲۳
PNC – 35	۶۲	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۸	۲۸
PNC – 40	۶۴	۵۹	۵۴	۵۰	۴۵	۴۰	۳۶	۳۳	۳۳
PNC – 45	۶۷	۶۳	۵۸	۵۴	۵۰	۴۵	۴۱	۳۸	۳۸
PNC – 50	۷۰	۶۶	۶۲	۵۸	۵۴	۵۰	۴۶	۴۳	۴۳
PNC – 55	۷۳	۷۰	۶۶	۶۲	۵۹	۵۵	۵۱	۴۸	۴۸
PNC – 60	۷۶	۷۳	۶۹	۶۶	۶۳	۵۹	۵۶	۵۳	۵۳
PNC – 65	۷۹	۷۶	۷۳	۷۰	۶۷	۶۴	۶۱	۵۸	۵۸





شکل ۱۸-۳-۵: نمودارهای پرسنج ترجیحی نوفه PNC

۱۸-۳-۱۷ شبکه وزنی A

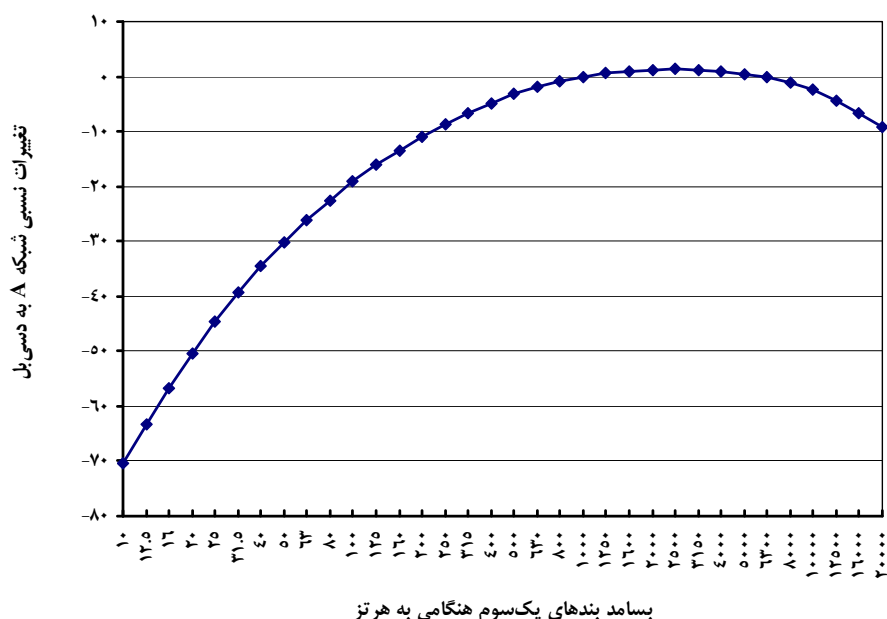
شبکه وزنی A، شبکه‌ای است که به‌طور تقریبی پاسخ بسامدی گوش انسان را در بسامدهای مختلف به‌وسیله یک مدار الکترونیکی در دستگاه ترازسنج صدا تقلید کرده و بر روی صدای مورد اندازه‌گیری اعمال می‌کند (جدول ۱۸-۳-۴ و شکل ۱۸-۳-۶).



جدول ۱۸-۱-۳-۴: مقادیر شبکه وزنی A بر حسب دسی بل

تغییرات نسبی شبکه A به دسی بل	بسامد به هرتز	تغییرات نسبی شبکه A به دسی بل	بسامد به هرتز
-۳٫۲	۵۰۰	-۷۰٫۴	۱۰
-۱٫۹	۶۳۰	-۶۳٫۴	۱۲٫۵
-۰٫۸	۸۰۰	-۵۶٫۷	۱۶
۰	۱۰۰۰	-۵۰٫۵	۲۰
۰٫۶	۱۲۵۰	-۴۴٫۷	۲۵
۱٫۰	۱۶۰۰	-۳۹٫۴	۳۱٫۵
۱٫۲	۲۰۰۰	-۳۴٫۶	۴۰
۱٫۳	۲۵۰۰	-۳۰٫۲	۵۰
۱٫۲	۳۱۵۰	-۲۶٫۲	۶۳
۱٫۰	۴۰۰۰	-۲۲٫۵	۸۰
۰٫۶	۵۰۰۰	-۱۹٫۱	۱۰۰
-۰٫۱	۶۳۰۰	-۱۶٫۱	۱۲۵
-۱٫۱	۸۰۰۰	-۱۳٫۴	۱۶۰
-۲٫۵	۱۰۰۰۰	-۱۰٫۹	۲۰۰
-۴٫۳	۱۲۵۰۰	-۸٫۶	۲۵۰
-۶٫۶	۱۶۰۰۰	-۶٫۶	۳۱۵
-۹٫۳	۲۰۰۰۰	-۴٫۸	۴۰۰





شکل ۱۸-۳-۱: نمودار تغییرات نسبی شبکه وزنی A در بسامدهای مختلف

یادآوری: شبکه وزنی A در نهایت به منظور بیان تراز صدا به صورت یک عدد تنها، به کار می رود. این عمل از طریق جمع برپایه انرژی اعداد تصحیح یافته با این شبکه صورت می پذیرد.

۱۸-۳-۱-۱۸ شرایط تحویل یک فضا

شرایط تحویل به شرایطی گفته می شود که کلیه عملیات اجرایی ساختمان اعم از سفت کاری، نازک کاری، نصب در و پنجره و غیره تکمیل شده باشد و کلیه سیستم های تأسیسات مکانیکی و الکتریکی فعال باشند.

۱۸-۳-۱-۱۹ صدا

صدا موج مکانیکی است که در گازها، مایعات و جامدات منتشر می شود. به تعبیر ساده تر، صدا را می توان به صورت حرکات موجی در یک فراگیر کشسان و یا به عنوان محرک حس شنوایی تعریف کرد. گستره بسامدی امواج صوتی قابل شنیدن، بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است.



۱۸-۱-۳-۱۹-۱ صدای کوبه‌ای

صدای کوبه‌ای صدایی است که منشأ تولید آن ضربه یا کوبش باشد. صدای کوبه‌ای از نوع صدای پیکره‌ای است که محیط انتشار آن جامدات مانند بتن، فولاد، چوب، شیشه یا ترکیبی از این گونه مواد است.

۱۸-۱-۳-۱۹-۲ صدای هوابرد

صدای هوابرد صدایی است که محیط انتشار آن هوا است. مانند صدای صحبت کردن، موسیقی و نوفه ترافیک.

۱۸-۱-۳-۲۰-۱ صدابندی

صدابندی، جلوگیری از تراگیل صدا به فضای مجاور و یا به عبارت دیگر، کاهش انرژی صوتی تراگیل یافته به فضای مجاور است. در آکوستیک ساختمان، دو نوع صدابندی در برابر صدای هوابرد و صدای کوبه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد و برای هر کدام شاخص‌های مربوطه ارائه می‌گردد.

۱۸-۱-۳-۲۱-۱ ضریب تراگیل صدا، τ

هنگامی که موج صوتی با یک جداکننده برخورد می‌کند، بخشی از انرژی از طریق جداکننده تراگیل می‌شود (شکل ۱۸-۳-۳). نسبت شدت موج تراگیل یافته (I_τ) به شدت موج فرودی (I_i)، ضریب تراگیل جداکننده (τ) نامیده می‌شود و از معادله (۱۳) به‌دست می‌آید:

$$\tau = \frac{I_\tau}{I_i} \quad (13)$$

۱۸-۱-۳-۲۲-۱ ضریب جذب صدا، α

هنگامی که موج صوتی با سطحی برخورد می‌کند، بخشی از انرژی بازتاب شده (I_r) و باقی آن جذب می‌شود. نسبت شدت موج جذب شده (I_α) به شدت موج فرودی (I_i)، ضریب جذب آن سطح (α) نامیده می‌شود و از معادله (۱۴) به‌دست می‌آید:

$$\alpha = \frac{I_\alpha}{I_i} \quad (14)$$

یادآوری ۱: ضریب جذب معیار انرژی صوتی است که بازتاب نشده است. در نتیجه $\alpha = 1 - \tau$ که در آن τ ، ضریب بازتاب سطح است و از معادله (۱۵) به‌دست می‌آید:



$$r = \frac{I_r}{I_i} \quad (15)$$

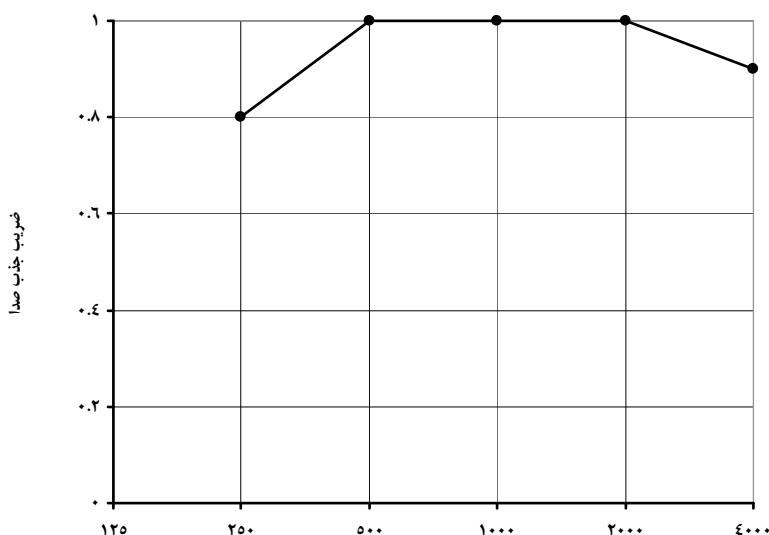
یادآوری ۲: ضریب جذب صدا در اتاق واخنش بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۹۴۵ اندازه‌گیری می‌شود.

۱۸-۳-۲۳ ضریب جذب صدای وزن یافته، α_w

ضریب جذب صدای وزن یافته، α_w ، کمیتی تک‌عددی برای درجه‌بندی جذب صدا است که بر اساس نتایج اندازه‌گیری‌های ضریب جذب صدا در بسامد بندهای یک‌هنگامی به‌دست می‌آید. مقدار این کمیت، برابر است با مقدار نمودار مبنا در بسامد ۵۰۰ هرتز، پس از لغزاندن آن به روشی که در استاندارد ملی ایران ۸۱۸۴ مشخص شده است. مقادیر مبنا برای ضریب جذب صدا در جدول ۱۸-۳-۵ و نمودار شکل ۱۸-۳-۷ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۳-۵: مقادیر نمودار مرجع برای ارزیابی ضریب جذب صدای وزن یافته، α_w

بسامد برحسب هرتز	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰
مقدار نمودار مبنا	۰/۸۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۰



بسامد مرکزی بندهای یک‌هنگامی به هرتز

شکل ۱۸-۳-۷: نمودار مبنا برای ارزیابی ضریب جذب صدای وزن یافته، α_w



۱۸-۱-۳-۲۴ گستره بسامدی اندازه‌گیری‌ها

پارامترهای آکوستیکی با استفاده از صافی‌های بند یک‌سوم هنگامی، با بسامدهای مرکزی زیر (برحسب هرتز)، اندازه‌گیری می‌شوند:

۳۱/۵	۴۰	۵۰	۶۳	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰
۳۱۵	۴۰۰	۵۰۰	۶۳۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۲۵۰	۱۶۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰
۳۱۵۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	۶۳۰۰	۸۰۰۰					

لازم به ذکر است که می‌توان از مقادیر نتایج اندازه‌گیری در بندهای یک‌سوم هنگامی، نتایج در بندهای یک‌هنگامی را با بسامدهای مرکزی زیر به‌دست آورد:

۳۱/۵	۶۳	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰
------	----	-----	-----	-----	------	------	------	------

یادآوری: در مواردی که اندازه‌گیری در بسامدهای میانی مطرح می‌شود، منظور بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز است.

۱۸-۱-۳-۲۵ لایه

لایه به ساختاری گفته می‌شود که چگالی سطحی آن در نقاط مختلف روی یک سطح، یکسان باشد. مانند اندود گچ، قیرگونی، دیوار آجری.

۱۸-۱-۳-۲۶ نوفه

نوفه به هرگونه صدای ناخواسته گفته می‌شود.

یادآوری: تفاوت بین واژه‌های صدا و نوفه یک تفاوت ذهنی است که صدا را خواسته و نوفه را ناخواسته ارزیابی می‌کند. این تعریف در برگیرنده نوع صدا نیست. برای مثال "گفتار" که در اکثر موارد صدای خواسته است، هنگامی که از واحد مسکونی مجاور شنیده می‌شود، از نظر ذهنی نوفه ارزیابی می‌گردد.

۱۸-۱-۳-۲۷ نوفه زمینه

نوفه زمینه به صداها یا ناخواسته موجود در یک فضا گفته می‌شود. نوفه زمینه می‌تواند از منابع خارجی مانند نوفه ترافیک و نوفه ناشی از فضاها یا مجاور و همچنین منابع داخلی مانند نوفه ناشی از سیستم‌های تأسیسات مکانیکی و الکتریکی از قبیل تهویه، آبرسانی و آسانسور سرچشمه بگیرد.



۲-۱۸ مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها

۱-۲-۱۸ مقررات عمومی

۱-۲-۱۸-۱ برای ارائه مقررات آکوستیکی برای انواع ساختمان‌های ذکر شده در بند ۲-۱۸-۱-۲، مناطق مختلف شهری از نظر تراز نوفه محیطی در جدول ۱-۲-۱۸-۱ تقسیم‌بندی می‌شود:

جدول ۱-۲-۱۸-۱: منطقه‌بندی شهری از نظر تراز نوفه محیطی

نوع منطقه شهری از نظر نوفه	حداکثر تراز معادل صدا، L_{AeqT} ، به دسی‌بل		کاربری‌های مجاز
	از ۷ صبح تا ۱۰ شب	از ۱۰ شب تا ۷ صبح	
نوفه پایین	۵۵	۴۵	مسکونی، مراکز جهانگردی و پذیرایی، مراکز بهداشتی درمانی، مراکز فرهنگی، ورزشی، مراکز تجاری در حد محله
نوفه متوسط	۶۵	۵۵	آموزشی، اداری باشگاه‌های ورزشی سرپوشیده مختلط مسکونی-تجاری-اداری مجموعه‌های تجاری، بازار، نمایشگاه
نوفه بالا	۷۵	۶۵	ترمینال‌ها، انبارها، پارکینگ‌ها، استادیوم‌های ورزشی روباز، میادین میوه و تره‌بار، صنعتی، نظامی، فرودگاه‌ها



یادآوری: چنانچه کاربری‌های مجاز قید شده در مناطق شهری با نوفه پایین و متوسط در منطقه شهری با نوفه بالا ساخته شوند، باید تمهیدات خاصی در مورد صدابندی پوسته خارجی آن‌ها در نظر گرفته شود.

۱۸-۲-۱-۲ مقررات آکوستیکی در کاربری‌های مجاز ذکر شده در جدول ۱۸-۲-۱-۱ در بندهای ۱۸-۲-۱-۲ تا ۱۸-۲-۱۰ ارائه شده است. روش راستی آزمایی این مقررات از طریق اندازه‌گیری‌های میدانی انجام می‌پذیرد. معمولاً ارقام صدابندی هوابرد به‌دست آمده از نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی، نسبت به اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی کاهش نشان می‌دهند. در این مقررات مقدار این کاهش نسبت به ارقام صدابندی هوابرد ارائه شده در جداول، تا حداکثر ۳ دسی‌بل قابل قبول خواهد بود.

یادآوری ۱: در مجموعه‌هایی که چندین کاربرد مختلف را در خود جای می‌دهند، برای هر کاربرد به ضوابط مربوط مراجعه شود. (به عنوان مثال در مورد سالن‌های سخنرانی موجود در یک مجتمع مسکونی، به ضوابط مربوط به سالن‌های سخنرانی در بند ۱۸-۲-۷ مراجعه شود).

یادآوری ۲: به‌منظور جلوگیری از تکرار، ضوابط مربوط به فضاهای مشابه که در کاربردهای مختلف دارای مقادیر مجاز یکسانی هستند، به‌صورت مشترک در جداول مربوط در بند ۱۸-۲-۱۰ تحت عنوان "فضاهای مشترک در کاربردهای مختلف" ارائه شده است.

یادآوری ۳: در مورد مقادیر زمان واخنش بهینه ارائه شده در جداول مربوط در بندهای ۱۸-۲-۲ تا ۱۸-۲-۷ و همچنین بند ۱۸-۲-۹، رواداری تا میزان حداکثر ۱۵٪ مجاز است.

۱۸-۲-۱-۳ اندازه‌گیری میزان صدابندی هوابرد (افت صوتی) جداکننده‌های ساده مانند دیوار، در و پنجره توسط آزمایشگاه‌های آکوستیک معتبر انجام می‌شود. مقادیر صدابندی تعدادی از این جداکننده‌ها، برگرفته از مراجع گوناگون برای راهنمایی در پیوست ۳ ارائه شده است. در صورتی که جداکننده موردنظر، مانند پوسته خارجی یک ساختمان، مرکب باشد شاخص کاهش صدای وزن‌یافته این جداکننده مرکب با توجه به شاخص‌های اجزای تشکیل‌دهنده آن محاسبه می‌شود. روش محاسبه در پیوست ۱ توضیح داده شده است.

۱۸-۲-۱-۴ اندازه‌گیری میزان صدابندی کوبه‌ای سقف بین طبقات توسط آزمایشگاه‌های آکوستیک معتبر انجام می‌شود. مقادیر صدابندی کوبه‌ای تعدادی از سقف‌ها، برگرفته از مراجع گوناگون برای راهنمایی در پیوست ۴ ارائه شده است.



۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها

۱۸-۲-۱-۵ اندازه‌گیری مقدار ضریب جذب صدای مواد و مصالح توسط آزمایشگاه‌های آکوستیک معتبر انجام می‌شود. مقادیر ضریب جذب صدای مواد و مصالح گوناگون با ساختارهای متفاوت به‌منظور استفاده در آکوستیک داخلی، برگرفته از مراجع گوناگون برای راهنمایی در پیوست ۲ ارائه شده است.

۱۸-۲-۱-۶ مصالح و سیستم‌های ساختمانی مورد استفاده در اقدامات مربوط به تأمین الزامات آکوستیکی ساختمان، باید دارای تأییدیه از سازمان استاندارد و گواهی‌نامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشند.

۱۸-۲-۲ ساختمان‌های مسکونی^۱

رعایت مقررات آکوستیکی تعیین‌شده در بندهای زیر در ساختمان‌های مسکونی الزامی است.

۱۸-۲-۲-۱ نوفه زمینه

تراز نوفه زمینه ($L_{Aeq(30)}$) و برسنج نوفه ترجیحی (PNC) مجاز در فضاهای داخلی ساختمان‌های مسکونی در جدول ۱۸-۲-۲-۱ ارائه شده است.

لازم به ذکر است در این مقررات برای تراز نوفه زمینه مجاز در ساختمان‌های مسکونی، رعایت مقدار حداکثر $L_{Aeq(30)}$ اجباری است و شاخص PNC به‌عنوان توصیه مطرح می‌شود.

جدول ۱۸-۲-۲-۱: تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی ساختمان‌های مسکونی

نوع فضا	حداکثر تراز معادل صدا، $L_{Aeq(30)}$ بر حسب دسی‌بل	حداکثر برسنج نوفه ترجیحی، PNC، بر حسب دسی‌بل
اتاق خواب و مطالعه	۳۵	۳۰
اتاق نشیمن و کار	۴۰	۳۵
سالن اجتماعات		
آشپزخانه	۴۵	۴۰
فضاهای بسته عمومی ^۲	۵۰	۴۵

۱ زیر گروه‌های "م-۲" و "م-۳" از تصرف مسکونی/ اقامتی (بر اساس دسته‌بندی تصرف‌ها از مباحث ۳ و ۴ مقررات ملی ساختمان)

۲ فضاهای بسته عمومی مانند سرسرای ورودی، راهرو، راه‌پله.



۱۸-۲-۲ زمان واخنش

زمان واخنش بهینه برای فضاهای بسته عمومی در ساختمان‌های مسکونی، ۱/۵ ثانیه در بسامدهای میانی تعیین می‌گردد.

۱۸-۲-۳ صدابندی هوابرد

شاخص کاهش صدای وزن‌یافته (R_w) یا درجه تراگیسل صدا (STC)، مجاز برای جداکننده‌ها^۱ در ساختمان‌های مسکونی در جدول ۱۸-۲-۳ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۳: صدابندی هوابرد مجاز برای جداکننده‌ها در ساختمان‌های مسکونی

موقعیت جداکننده	نوع جداکننده	حداقل شاخص کاهش صدای وزن‌یافته (R_w) / حداقل درجه تراگیسل صدا (STC) برحسب دسی‌بل
پوسته خارجی	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰
دیوار جداکننده بین دو واحد مجاور	ساده	۵۰
دیوار جداکننده واحد مسکونی از پارکینگ و سالن اجتماعات	ساده	۵۵
جداکننده بین واحد مسکونی و راهرو	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰
سقف و کف جداکننده واحد مسکونی از پارکینگ و سالن اجتماعات	ساده	۵۵
سقف و کف جداکننده بین واحدهای مسکونی	ساده	۵۰

۱۸-۲-۴ صدابندی کوبه‌ای

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن‌یافته (L_{nw}) و درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) مجاز برای سقف بین طبقات در ساختمان‌های مسکونی در جدول ۱۸-۲-۴ ارائه شده است.

۱ در صورتی که جداکننده مرکب باشد، برای محاسبه شاخص کاهش صدای آن به پیوست ۱ مراجعه شود.



۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها

جدول ۱۸-۲-۳: صدابندی کوبه‌ای مجاز برای سقف بین طبقات در ساختمان‌های مسکونی^۱

موقعیت سقف	حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) بر حسب دسی بل	حداقل درجه صدابندی کوبه‌ای (HC) بر حسب دسی بل
آشپزخانه، راهرو، سرویس بهداشتی بالای اتاق خواب	۴۸	۶۲
اتاق نشیمن بالای اتاق خواب	۵۳	۵۷
آشپزخانه، راهرو، سرویس بهداشتی بالای اتاق نشیمن		
اتاق خواب بالای اتاق خواب	۵۸	۵۲
اتاق نشیمن بالای اتاق نشیمن		
آشپزخانه بالای آشپزخانه		
اتاق خواب بالای اتاق نشیمن		
سرویس بهداشتی بالای سرویس بهداشتی	۶۰	۵۰
راهرو بالای راهرو	۶۲	۴۸

۱۸-۲-۳ هتل‌ها^۲

رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیر در هتل‌ها الزامی است.

۱۸-۲-۳-۱ نوبه زمینه

تراز نوبه زمینه ($L_{Aeq(30)}$) و برسج نوبه ترجیحی (PNC) مجاز در فضاهای داخلی هتل‌ها در جدول ۱۸-۲-۳-۱ ارائه شده است.

۱ در مورد فضاهای ترکیبی مقدار کمتر ملاک عمل قرار می‌گیرد. (به عنوان مثال در حالتی که اتاق نشیمن و آشپزخانه به طور مشترک بر روی اتاق خواب قرار گیرند، $L_{nw} = 48$ dB در نظر گرفته شود)
 ۲ زیرگروه "م-۱" از تصرف مسکونی/اقامتی (بر اساس دسته‌بندی تصرف‌ها از مباحث ۳ و ۴ مقررات ملی ساختمان)



لازم به ذکر است در این مقررات برای تراز نوفه زمینه مجاز در هتل‌ها، رعایت مقدار حداکثر L_{Aeq} (۳۰) اجباری است و شاخص PNC به عنوان توصیه مطرح می‌شود.

جدول ۱۸-۲-۳-۱: تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هتل‌ها^۱

نوع فضا	حداکثر تراز معادل صدا، L_{Aeq} (۳۰) بر حسب دسی‌بل	حداکثر برسنج نوفه ترجیحی، PNC بر حسب دسی‌بل
اتاق مهمان	۳۵	۳۰
سالن انتظار (لابی)، راهرو	۴۰	۳۵

۱۸-۲-۳-۲ زمان واخنش

زمان واخنش بهینه در بسامدهای میانی در فضاهای داخلی هتل‌ها در جدول ۱۸-۲-۳-۲ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۳-۲: زمان واخنش بهینه در فضاهای داخلی هتل‌ها^۱

نوع فضا	زمان واخنش بهینه بر حسب ثانیه
اتاق مهمان	۰٫۸
سالن انتظار (لابی)	۱٫۰
راهروها	۱٫۲

۱۸-۲-۳-۳ صدابندی هوابرد

شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) یا درجه تراگیسیل صدا (STC)، مجاز برای جداکننده‌ها در هتل‌ها در جدول ۱۸-۲-۳-۳ ارائه شده است.

۱ در مورد فضاهای اداری، مکان‌های ورزشی، تفریحی، سالن‌های پذیرایی و سالن‌های سخنرانی در هتل‌ها به الزامات این فضاها در بندهای مربوط مراجعه شود.



جدول ۱۸-۲-۳: صدابندی هواپرد مجاز برای جداکننده‌ها در هتل‌ها

موقعیت جداکننده	نوع جداکننده	حداقل شاخص کاهش صدای وزن‌یافته (R_w) / حداقل درجه تراگیسل صدا (STC) برحسب دسی‌بل
پوسته خارجی فضاهای بسته عمومی	ساده / مرکب	۴۰
پوسته خارجی اتاق مهمان	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰
دیوار جداکننده بین اتاق‌های مهمان	ساده / مرکب	۵۰
جداکننده بین اتاق مهمان و راهرو	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰
دیوار جداکننده بین اتاق مهمان و سایر فضاها ^۱	ساده	۵۵
جداکننده بین سالن انتظار (لابی) و سالن اجتماعات	ساده / مرکب	۵۰
جداکننده بین سالن انتظار (لابی) و دفاتر اداری	ساده / مرکب	۵۰
جداکننده فضاهای ورزشی تفریحی و سرویس‌های بهداشتی از راهرو	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰
دیوار جداکننده بین فضاهای تأسیساتی و سایر فضاهای مجاور	ساده	۵۵
دیوار جداکننده بین آسانسور و سایر فضاهای مجاور	ساده	۵۵
کلیه سقف‌ها ^۲	ساده	۵۵

۱ از قبیل سالن انتظار (لابی)، رستوران، آشپزخانه، دفاتر اداری و ...

۲ منظور از سقف در این مقررات، مجموعه‌ای متشکل از سقف سازه‌ای با کف‌سازی نهایی و سقف کاذب است.



۴-۳-۲-۱۸ صدابندی کوبه‌ای

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) و درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) مجاز برای سقف بین طبقات در هتل‌ها در جدول ۴-۳-۲-۱۸ ارائه شده است.

جدول ۴-۳-۲-۱۸: صدابندی کوبه‌ای مجاز برای سقف بین طبقات در هتل‌ها

موقعیت سقف	حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) بر حسب دسی‌بل	حداقل درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) بر حسب دسی‌بل
اتاق مهمان بالای اتاق مهمان	۵۵	۵۵
سایر فضاها بالای اتاق مهمان	۵۰	۶۰
اتاق مهمان بالای سایر فضاها	۶۰	۵۰

۴-۲-۱۸ تصرف‌های آموزشی

رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیر در تصرف‌های آموزشی الزامی است.

۱-۴-۲-۱۸ نوفه زمینه

تراز نوفه زمینه (L_{Aeq} (۳۰)) و برسنج نوفه ترجیحی (PNC) مجاز در فضاهای داخلی هر واحد آموزشی در جدول ۱-۴-۲-۱۸ ارائه شده است. لازم به ذکر است در این مقررات برای تراز نوفه زمینه مجاز در تصرف‌های آموزشی، رعایت مقدار حداکثر L_{Aeq} (۳۰) اجباری است و شاخص PNC به عنوان توصیه مطرح می‌شود.



جدول ۲-۱۸-۴-۱: تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی تصرف‌های آموزشی^۱

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه معادل $L_{Aeq}(30)$ بر حسب دسی‌بل	حداکثر برسنج نوفه ترجیحی، PNC بر حسب دسی‌بل
کلاس درس نظری	۳۵	۳۰
کارگاه‌های سمعی بصری		
اتاق آموزش موسیقی		
آزمایشگاه‌ها	۴۰	۳۵
کارگاه‌های سبک ^۲		
راهروها	۴۵	۴۰
کارگاه‌های سنگین ^۳	۵۰	۴۵

۲-۴-۲-۱۸ زمان واخنش

زمان واخنش بهینه در بسامدهای میانی در فضاهای داخلی تصرف‌های آموزشی در جدول ۲-۴-۲-۱۸ ارائه شده است.

جدول ۲-۴-۲-۱۸: زمان واخنش بهینه در فضاهای داخلی تصرف‌های آموزشی

نوع فضا	زمان واخنش بهینه بر حسب ثانیه
کلاس درس نظری	۱,۰
کارگاه‌های سبک	
اتاق آموزش موسیقی	
کارگاه‌های سمعی بصری	
آزمایشگاه‌ها	۱,۲
کارگاه‌های سنگین	
راهروها	۱,۵

۱ برای سالن‌های همایش و سخنرانی و نمازخانه، به بند ۲-۱۸، ۷، برای بخش‌های اداری به ضوابط مربوط در بند ۲-۱۸، ۶ و برای غذاخوری و بوفه به بند ۲-۱۸، ۸ مراجعه شود.

۲ کارگاه‌های سبک مانند: کارگاه‌های نقاشی، طراحی، آتلیه معماری، اتاق کامپیوتر و امثال آن‌ها.

۳ کارگاه‌های سنگین مانند: کارگاه‌های مجسمه‌سازی، جوش کاری، نجاری و امثال آن‌ها.



۱۸-۲-۴ صدابندی هوابرد

شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) یا درجه تراگیسل صدا (STC) مجاز برای جداکننده‌ها در تصرف‌های آموزشی در جدول ۱۸-۲-۴ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۴: صدابندی هوابرد مجاز برای جداکننده‌ها در تصرف‌های آموزشی

موقعیت جداکننده	نوع جداکننده	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) / حداقل درجه تراگیسل صدا (STC) برحسب دسی‌بل
پوسته خارجی کلاس درس نظری، آزمایشگاه، اتاق آموزش موسیقی و کلیه کارگاه‌ها	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰
دیوار جداکننده کلاس درس نظری، آزمایشگاه، اتاق آموزش موسیقی، کارگاه‌های سبک و سمعی بصری از فضاها مجاور	ساده	۵۰
دیوار جداکننده کارگاه‌های سنگین از فضاها مجاور	ساده	۵۵
دیوار جداکننده کارگاه‌های سنگین از راهرو	مرکب	۴۰
دیوار جداکننده کلاس درس نظری، آزمایشگاه، اتاق آموزش موسیقی و کارگاه‌های سبک از راهرو	مرکب	۳۵
سقف جداکننده کارگاه‌های سنگین از فضاها مجاور	ساده	۵۵
سقف جداکننده کلاس درس نظری، آزمایشگاه، اتاق آموزش موسیقی، کارگاه‌های سبک و سمعی بصری از فضاها مجاور	ساده	۵۰

۱۸-۲-۴ صدابندی کوبه‌ای

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) و درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) مجاز برای سقف بین طبقات در تصرف‌های آموزشی در جدول ۱۸-۲-۴ ارائه شده است.



۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها

جدول ۱۸-۲-۴: صدابندی کوبه‌ای مجاز برای سقف بین طبقات در تصرف‌های آموزشی

موقعیت سقف	حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) بر حسب دسی‌بل	حداقل درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) بر حسب دسی‌بل
کارگاه‌های سنگین و فضاهای تأسیساتی بالای سایر فضاها	۵۰	۶۰
سایر فضاها بالای کلاس درس نظری	۵۵	۵۵
کلاس درس نظری بالای کلاس درس نظری	۶۰	۵۰

۱۸-۲-۵ مراکز بهداشتی درمانی^۱

رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیر در ساختمان مراکز بهداشتی درمانی الزامی است.

۱۸-۲-۵-۱ نوبه زمینه

تراز نوبه زمینه ($L_{Aeq (30)}$) و برسنج نوبه ترجیحی (PNC) مجاز در فضاهای داخلی مراکز بهداشتی درمانی در جدول ۱۸-۲-۵-۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است در این مقررات برای تراز نوبه زمینه مجاز در مراکز بهداشتی درمانی، رعایت مقدار حداکثر $L_{Aeq (30)}$ اجباری است و شاخص PNC به عنوان توصیه مطرح می‌شود.

۱ زیرگروه‌های "د-۱" و "د-۲" از تصرف درمانی/مراقبتی (بر اساس دسته‌بندی تصرف‌ها از مباحث ۳ و ۴ مقررات ملی ساختمان)



جدول ۱۸-۲-۵: تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی مراکز بهداشتی درمانی

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه معادل $L_{Aeq}(30)$ بر حسب دسی بل	حداکثر برسنج نوفه ترجیحی، PNC، بر حسب دسی بل
اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه و جراحی	۳۵	۳۰
راهروهای مجاور بخش‌های فوق فضاهای تشخیصی و درمانگاه‌های تخصصی	۴۰	۳۵
اورژانس	۴۵	۴۰
فضاهای بسته عمومی ^۱	۵۰	۴۵

۱۸-۲-۵-۲ زمان واخنش

زمان واخنش بهینه در بسامدهای میانی در فضاهای داخلی مراکز بهداشتی درمانی در جدول ۱۸-۲-۵ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۵: زمان واخنش بهینه در فضاهای داخلی مراکز بهداشتی درمانی

نوع فضا	زمان واخنش بهینه بر حسب ثانیه
اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، جراحی، فضاهای تشخیصی، درمانگاه‌های تخصصی و اورژانس	۱٫۲
راهروهای مجاور بخش‌های بستری، مراقبت‌های ویژه و جراحی فضاهای بسته عمومی	۱٫۵

۱۸-۲-۵-۳ صدابندی هوابرد

شاخص کاهش صدای وزن‌یافته (R_w) یا درجه تراگیسیل صدا (STC) مجاز برای جداکننده‌ها در فضاهای داخلی بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی درمانی در جدول ۱۸-۲-۵ ارائه شده است.

۱ فضاهای بسته عمومی مانند پذیرش، ورودی، راه‌پله و راهروهای عمومی، خدمات و داروخانه.



جدول ۱۸-۲-۵-۳: صدابندی هوابرد مجاز برای جداکننده‌ها در فضاهای داخلی بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی درمانی

موقعیت جداکننده	نوع جداکننده	حداقل شاخص کاهش صدای وزن‌یافته (R_w) / حداقل درجه تراگیسیل صدا (STC) بر حسب دسی‌بل
پوسته خارجی فضاهای بسته عمومی	ساده	۴۰
	مرکب	۳۵
پوسته خارجی اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، جراحی، فضاهای تشخیصی، درمانگاه‌های تخصصی و اورژانس	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰
دیوار جداکننده اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه و جراحی از سایر فضاها	ساده	۵۵
دیوار جداکننده بین اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه و جراحی از فضاهای همانند	ساده	۵۰
دیوار جداکننده اورژانس، فضاهای تشخیصی و درمانگاه‌های تخصصی از سایر فضاها	ساده	۴۵
دیوار جداکننده فضاهای تشخیصی و درمانگاه‌های تخصصی از فضاهای همانند	ساده	۴۰
جداکننده اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، جراحی، فضاهای تشخیصی و درمانگاه‌های تخصصی از راهرو	مرکب	۳۵
سقف جداکننده اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه و جراحی از سایر فضاها	ساده	۵۵
سقف جداکننده بین اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه و جراحی از فضاهای همانند	ساده	۵۰
سقف جداکننده اورژانس، فضاهای تشخیصی و درمانگاه‌های تخصصی از سایر فضاها	ساده	۴۵
سقف جداکننده فضاهای تشخیصی و درمانگاه‌های تخصصی از فضاهای همانند	ساده	۴۰



۱۸-۲-۵ صدابندی کوبه‌ای

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) و درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) مجاز برای سقف بین طبقات در بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی درمانی در جدول ۱۸-۲-۵ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۵: صدابندی کوبه‌ای مجاز برای سقف بین طبقات در مراکز بهداشتی درمانی

موقعیت سقف	حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) بر حسب دسی‌بل	حداقل درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) بر حسب دسی‌بل
سقف بین اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، جراحی، فضاهای تشخیصی، درمانگاه‌های تخصصی و فضاهای همانند	۶۵	۴۵
سقف بین اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، جراحی، فضاهای تشخیصی، درمانگاه‌های تخصصی و سایر فضاها	۵۵	۵۵
سقف بین اورژانس و کلیه فضاها		

۱۸-۲-۶ تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و کسبی/تجاری

رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیر در تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و کسبی/تجاری الزامی است.

۱۸-۲-۶-۱ نوفه زمینه

تراز نوفه زمینه ($L_{Aeq(30)}$) و برسنج نوفه ترجیحی (PNC) مجاز در فضاهای داخلی تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و کسبی/تجاری در جدول ۱۸-۲-۶-۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است در این مقررات برای تراز نوفه زمینه مجاز در تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و کسبی/تجاری، رعایت مقدار حداکثر $L_{Aeq(30)}$ اجباری است و شاخص PNC به‌عنوان توصیه مطرح می‌شود.



۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها

جدول ۱۸-۲-۱: تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و

کسبی/تجاری

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه معادل $L_{Aeq}(30)$ بر حسب دسی‌بل	حداکثر برسنج نوفه ترجیحی، PNC، بر حسب دسی‌بل
اتاق جلسات*	۳۵	۳۵
اتاق‌های اداری و دفاتر تجاری	۴۰	۳۵
سایت‌های کامپیوتری	۴۵	۴۰
سالن بانک‌ها		
فروشگاه‌ها، سوپرمارکت‌ها، بازارچه‌ها و مراکز تجاری سرپوشیده		
فضاهای بسته عمومی ^۱	۵۰	۴۵

* رعایت PNC در این مورد الزامی است.

۱۸-۲-۲ زمان واخنش

زمان واخنش بهینه در بسامدهای میانی در فضاهای داخلی تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و کسبی/تجاری در جدول ۱۸-۲-۲ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۲: زمان واخنش بهینه در فضاهای داخلی تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و

کسبی/تجاری

نوع فضا	زمان واخنش بهینه بر حسب ثانیه
اتاق جلسات	۰٫۸
اتاق‌های اداری و دفاتر تجاری	۱٫۲
سایت‌های کامپیوتری	
سالن بانک‌ها	
راهروها	۱٫۵
فروشگاه‌ها، سوپرمارکت‌ها، بازارچه‌ها و مراکز تجاری سرپوشیده	۲٫۰

۱ فضای بسته عمومی مانند سرسرای ورودی، راهرو، راه‌پله.



۱۸- ۲- ۶- ۳ صدابندی هوابرد

شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) یا درجه تراگسیل صدا (STC) مجاز برای جداکننده‌ها در تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و کسبی/تجاری در جدول ۱۸-۲-۶-۳ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۶-۳: صدابندی هوابرد مجاز برای جداکننده‌ها در تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و کسبی/تجاری

موقعیت جداکننده	نوع جداکننده	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) / حداقل درجه تراگسیل صدا (STC) برحسب دسی‌بل
پوسته خارجی اتاق جلسات	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰
پوسته خارجی اتاق‌های اداری و دفاتر تجاری، سالن بانک‌ها و سایت‌های کامپیوتر	ساده	۴۰
	مرکب	۳۵
پوسته خارجی فروشگاه‌ها، سوپرمارکت‌ها، بازارچه‌ها و مراکز تجاری سرپوشیده	ساده	۴۰
	مرکب	۳۵
پوسته خارجی فضاهای بسته عمومی	ساده	۴۰
	مرکب	۳۵
دیوار جداکننده بین اتاق جلسات و فضاهای مجاور	ساده	۵۰
دیوار جداکننده بین اتاق‌های اداری، دفاتر تجاری و سایت‌های کامپیوتر	ساده	۴۵
دیوار جداکننده بین اتاق‌های اداری، دفاتر تجاری و سایت‌های کامپیوتر	مرکب	۴۰
دیوار جداکننده بین اتاق جلسات و راهرو	مرکب	۳۵
دیوار جداکننده اتاق‌های اداری و دفاتر تجاری از راهرو	مرکب	۳۰
سقف بین اتاق جلسات و فضاهای مجاور	ساده	۵۰
سقف بین اتاق‌های اداری، دفاتر تجاری و سایت‌های کامپیوتر	ساده	۴۵



۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها

۱۸-۲-۶-۴ صدابندی کوبه‌ای

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) و درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) مجاز برای سقف بین طبقات در تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و کسبی/تجاری در جدول ۱۸-۲-۶-۴ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۶-۴: صدابندی کوبه‌ای مجاز برای سقف بین طبقات در تصرف‌های اداری/حرفه‌ای و کسبی/تجاری

موقعیت سقف	حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) بر حسب دسی‌بل	حداقل درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) بر حسب دسی‌بل
سقف اتاق‌های اداری، دفاتر تجاری و سایت‌های کامپیوتر	۶۵	۴۵
سقف فروشگاه‌ها، سوپرمارکت‌ها و سالن بانک‌ها	۶۵	۴۵
سقف اتاق جلسات	۵۵	۵۵

۱۸-۲-۷ مراکز فرهنگی^۱

رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیر در مراکز فرهنگی الزامی است.

۱۸-۲-۷-۱ نوفه زمینه

تراز نوفه زمینه ($L_{Aeq(30)}$) و برسنج نوفه ترجیحی (PNC) مجاز در فضاهای داخلی مراکز فرهنگی در جدول ۱۸-۲-۷-۱ ارائه شده است.

لازم به ذکر است در این مقررات برای تراز نوفه زمینه مجاز در مراکز فرهنگی، رعایت مقدار حداکثر $L_{Aeq(30)}$ اجباری است. شاخص PNC در استودیوها، سالن‌های سخنرانی، کنسرت، اپرا، تأثر، سینماها، کتابخانه‌ها و استودیوها اجباری و در فضاهای دیگر به عنوان توصیه مطرح می‌شود.

۱ زیرگروه "ت-۱" و "ت-۳" از تصرف تجمعی (بر اساس دسته‌بندی تصرف‌ها از مباحث ۳ و ۴ مقررات ملی ساختمان)



جدول ۱۸-۲-۱: تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی مراکز فرهنگی

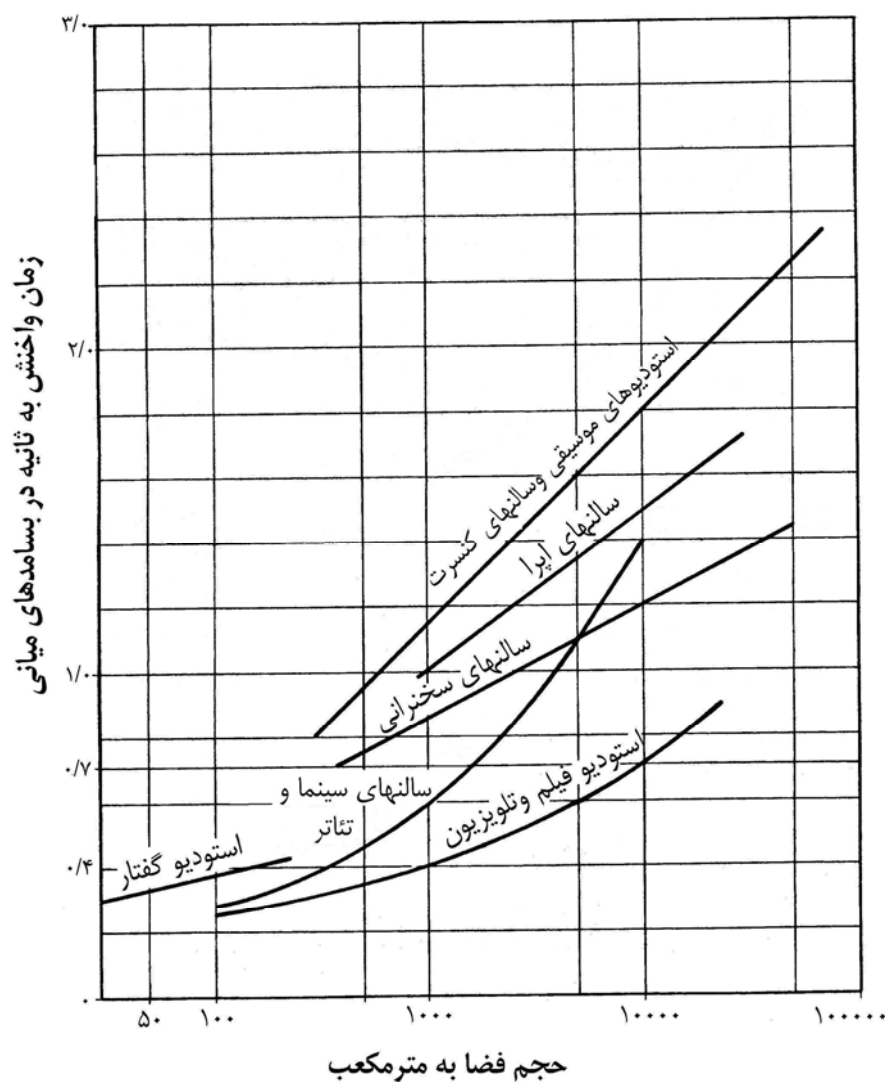
نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه معادل، $L_{Aeq (30)}$ بر حسب دسی بل	حداکثر برسنج نوفه ترجیحی، PNC بر حسب دسی بل
استودیوی گفتار*	۲۵	۲۰
استودیوی فیلم و تلویزیون*	۳۰	۲۵
سالن‌های سخنرانی، کنسرت، اپرا، تأثر و سینماها*	۳۵	۳۵
کتابخانه‌ها*		
موزه‌ها و گالری‌ها	۳۵	۳۵
اماکن مذهبی		
سالن‌های انتظار	۴۰	۳۵
راهروها	۴۵	۴۰
*رعایت PNC در این موارد الزامی است.		

۱۸-۲-۲-۲ زمان واخنش

زمان واخنش بهینه در فضاهای داخلی مراکز فرهنگی در شکل ۱۸-۲-۱ نشان داده شده است.^۱

۱ اماکن مذهبی که در آن‌ها سخنرانی انجام می‌شود، از ضوابط مربوط به سالن‌های سخنرانی پیروی می‌کنند.





شکل ۱۸-۲-۱: نمودار زمان واخشن بهینه در فضاهای مختلف

۱۸-۲-۷-۳ وضوح گفتار

شاخص وضوح گفتار، STI، در سالن‌های سخنرانی، کنسرت، اپرا، سینما، تئاتر و استودیوها باید بیش از ۰/۶ باشد.



۱۸-۲-۷-۳ صدابندی هوابرد

شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) یا درجه تراگیسل صدا (STC) مجاز برای جداکننده‌ها در مراکز فرهنگی در جدول ۱۸-۲-۷-۳ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۷-۳: صدابندی هوابرد مجاز برای جداکننده‌ها در مراکز فرهنگی

موقعیت جداکننده	نوع جداکننده	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) / حداقل درجه تراگیسل صدا (STC) بر حسب دسی‌بل
پوسته خارجی استودیوها	ساده / مرکب	۵۵
پوسته خارجی سالن‌های سخنرانی، تأثر، کنسرت، اپرا و سینماها	ساده	۵۵
	مرکب	۵۰
پوسته خارجی کتابخانه‌ها، موزه‌ها، گالری‌ها و اماکن مذهبی	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰
دیوار جداکننده استودیوها از فضاهای مجاور	ساده	۵۵
دیوار جداکننده سالن‌های سخنرانی، تأثر، کنسرت و سینماها از فضاهای مجاور	ساده	۵۰
	مرکب	۵۵
دیوار جداکننده کتابخانه‌ها، موزه‌ها، گالری‌ها و اماکن مذهبی از فضاهای مجاور	ساده	۵۰
جداکننده بین استودیوها و راهرو	مرکب	۵۵
جداکننده بین سالن‌های سخنرانی، تأثر، کنسرت، سینماها و راهرو	مرکب	۴۰
	ساده	۳۵
سقف جداکننده استودیوها از فضاهای مجاور	ساده	۵۵
سقف جداکننده سالن‌های سخنرانی، تأثر، کنسرت و سینماها از فضاهای مجاور	ساده	۵۰
	مرکب	۵۰
سقف جداکننده کتابخانه‌ها، موزه‌ها، گالری‌ها و اماکن مذهبی از فضاهای مجاور	ساده	۵۰



۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها

۱۸-۲-۷ صدابندی کوبه‌ای

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) و درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) مجاز برای سقف بین طبقات در مراکز فرهنگی در جدول ۱۸-۲-۷-۳ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۷-۳: صدابندی کوبه‌ای مجاز برای سقف بین طبقات در مراکز فرهنگی

موقعیت سقف	حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) بر حسب دسی‌بل	حداقل درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) بر حسب دسی‌بل
سقف سالن‌های سخنرانی، تأثر، کنسرت، اپرا و سینماها	۵۰	۶۰
سقف استودیوها	۵۰	۶۰
سقف کتابخانه‌ها، موزه‌ها و گالری‌ها	۵۵	۵۵
سقف اماکن مذهبی	۶۰	۵۰

۱۸-۲-۸ مراکز ورزشی و تفریحی^۱

رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیر در مراکز ورزشی و تفریحی الزامی است.

۱۸-۲-۸-۱ تراز نوفه زمینه

تراز نوفه زمینه ($L_{Aeq(30)}$) و برسنج نوفه ترجیحی (PNC) مجاز در مراکز ورزشی و تفریحی، در جدول ۱۸-۲-۸-۱ ارائه شده است.

لازم به ذکر است در این مقررات برای تراز نوفه زمینه مجاز در مراکز ورزشی و تفریحی، رعایت مقدار حداکثر $L_{Aeq(30)}$ اجباری است و شاخص PNC به عنوان توصیه مطرح می‌شود.

۱ زیر گروه های "ت-۳" و "ت-۴" و "ت-۵" از تصرف تجمعی (بر اساس دسته بندی تصرف ها از مباحث ۳ و ۴ مقررات ملی ساختمان)



جدول ۱۸-۲-۱: تراز نوفه زمینه مجاز در مراکز ورزشی و تفریحی

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه معادل، $L_{Aeq} (30)$ بر حسب دسی بل	حداکثر برسنج نوفه ترجیحی، PNC بر حسب دسی بل
سالن‌های ورزشی با حجم بین ۲۰۰۰ تا ۸۵۰۰ مترمکعب	۵۰	۴۵
سالن‌های ورزشی با حجم کمتر از ۲۰۰۰ مترمکعب	۴۵	۴۰
مراکز تفریحی	۵۰	۴۵
رستوران‌ها و کافه‌ها	۴۵	۴۰

۱۸-۲-۲ زمان واخشن

حداکثر زمان واخشن در بسامدهای میانی در فضاهای داخلی مراکز ورزشی و تفریحی، در جدول ۱۸-۲-۲ ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۲: حداکثر زمان واخشن در فضاهای داخلی مراکز ورزشی و تفریحی

نوع فضا	حداکثر زمان واخشن، T_R بر حسب ثانیه
سالن‌های ورزشی با حجم کمتر از ۲۰۰۰ مترمکعب	۱/۵
سالن‌های ورزشی تک منظوره با حجم (V) بین ۲۰۰۰ تا ۸۵۰۰ مترمکعب	$1/27 \log(V) - 2/49$
سالن‌های ورزشی چند منظوره با حجم (V) بین ۲۰۰۰ تا ۸۵۰۰ مترمکعب	$0/95 \log(V) - 1/74$
مراکز تفریحی	۱/۵
رستوران‌ها و کافه‌ها	۱/۲

۱۸-۲-۳ صدابندی هوابرد

شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) یا درجه تراگیسیل صدا (STC) مجاز برای جداکننده‌ها در مراکز ورزشی و تفریحی در جدول ۱۸-۲-۳ ارائه شده است.



جدول ۱۸-۲-۳: صدابندی هوابرد مجاز برای جداکننده‌ها در مراکز ورزشی و تفریحی

موقعیت جداکننده	نوع جداکننده	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) / حداقل درجه تراگیسل صدا (STC) بر حسب دسی‌بل
پوسته خارجی سالن‌های ورزشی	ساده	۵۰
	مرکب	۴۵
پوسته خارجی مراکز تفریحی سرپوشیده	ساده	۵۰
	مرکب	۴۵
پوسته خارجی رستوران‌ها و کافه‌ها	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰
دیوار جداکننده سالن‌های ورزشی از فضاهای مجاور	ساده	۵۰
دیوار جداکننده مراکز تفریحی سرپوشیده از فضاهای مجاور	ساده	۵۰
دیوار جداکننده رستوران‌ها و کافه‌ها از فضاهای مجاور	ساده	۴۰
جداکننده سالن‌های ورزشی از راهرو	مرکب	۳۵
جداکننده مراکز تفریحی سرپوشیده از راهرو	مرکب	۳۵
جداکننده رستوران‌ها و کافه‌ها از راهرو	مرکب	۳۰
کلیه کف‌ها	ساده	۵۵
کلیه سقف‌ها	ساده	۵۰



۴-۸-۲-۱۸ صدابندی کوبه‌ای

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) و درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) مجاز برای سقف بین طبقات در مراکز ورزشی و تفریحی در جدول ۴-۸-۲-۱۸ ارائه شده است.

جدول ۴-۸-۲-۱۸: صدابندی کوبه‌ای مجاز برای سقف بین طبقات در مراکز ورزشی و تفریحی

موقعیت سقف	حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) بر حسب دسی بل	حداقل درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) بر حسب دسی بل
سقف بین سالن‌های ورزشی، مراکز تفریحی، رستوران‌ها، کافه‌ها و فضاهای زیرین	۵۰	۶۰

۹-۲-۱۸ مراکز ترابری^۱

رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیر در فضاهای بسته مراکز ترابری الزامی است.

۱-۹-۲-۱۸ تراز نوفه زمینه

تراز نوفه زمینه ($L_{Aeq(30)}$) و برسنج نوفه ترجیحی (PNC) مجاز در فضاهای بسته مراکز ترابری در جدول ۱-۹-۲-۱۸ ارائه شده است.

لازم به ذکر است در این مقررات برای تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای بسته مراکز ترابری، رعایت مقدار حداکثر $L_{Aeq(30)}$ اجباری است و شاخص PNC به عنوان توصیه مطرح می‌شود.

جدول ۱-۹-۲-۱۸: تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای بسته مراکز ترابری

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه معادل، $L_{Aeq(30)}$ بر حسب دسی بل	حداکثر برسنج نوفه ترجیحی، PNC، بر حسب دسی بل
سالن‌های انتظار در فرودگاه، راه‌آهن، مترو و ترمینال	۴۵	۴۰

۱ زیرگروه "ت-۳" از تصرف تجمعی (بر اساس دسته‌بندی تصرف‌ها از مباحث ۳ و ۴ مقررات ملی ساختمان)



۲-۱۸ مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها

۲-۹-۲-۱۸ زمان واخنش

زمان واخنش بهینه برای سالن‌های انتظار در فرودگاه، راه‌آهن، مترو و ترمینال، ۱/۵ ثانیه تعیین می‌شود.

۲-۹-۲-۱۸ صدابندی هوابرد

شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) یا درجه تراگیسل صدا (STC) مجاز برای جداکننده‌ها در فضاهای بسته مراکز ترابری در جدول ۲-۹-۲-۱۸ ارائه شده است.

جدول ۲-۹-۲-۱۸: صدابندی هوابرد مجاز برای جداکننده‌ها در فضاهای بسته مراکز ترابری

موقعیت جداکننده	نوع جداکننده	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) / حداقل درجه تراگیسل صدا (STC) بر حسب دسی‌بل
پوسته خارجی سالن‌های انتظار فرودگاه مشرف به باند پرواز	مرکب	۶۰
پوسته خارجی سالن‌های انتظار در فرودگاه، راه‌آهن، مترو و ترمینال	ساده	۴۵
	مرکب	۴۰

۲-۹-۲-۱۸ صدابندی کوبه‌ای

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) و درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) مجاز برای سقف بین طبقات در فضاهای بسته مراکز ترابری در جدول ۲-۹-۲-۱۸ ارائه شده است.

جدول ۲-۹-۲-۱۸: صدابندی کوبه‌ای مجاز برای سقف بین طبقات در فضاهای بسته مراکز ترابری

موقعیت سقف	حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) بر حسب دسی‌بل	حداقل درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) بر حسب دسی‌بل
سقف سالن‌های انتظار در فرودگاه، راه‌آهن، مترو و ترمینال	۶۵	۴۵



۱۸-۲-۱۰ فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون

رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیر در فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون الزامی است.

۱۸-۲-۱۰-۱ نوفه زمینه

تراز نوفه زمینه (L_{Aeq} (۳۰)) و برسنج نوفه ترجیحی (PNC) مجاز در فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون در جدول ۱۸-۲-۱۰-۱ ارائه شده است.

لازم به ذکر است در این مقررات برای تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون، رعایت مقدار حداکثر L_{Aeq} (۳۰) اجباری است و شاخص PNC به عنوان توصیه مطرح می شود.

جدول ۱۸-۲-۱۰-۱: تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون

نوع فضا	حداکثر تراز معادل صدا، L_{Aeq} (۳۰) بر حسب دسی بل	حداکثر برسنج نوفه ترجیحی، PNC، بر حسب دسی بل
سرویس بهداشتی خصوصی	۵۰	۴۵
سرویس بهداشتی عمومی	۵۵	۵۰
آشپزخانه عمومی - صنعتی و رختشوی خانه	۵۵	۵۰
فضاهای تأسیساتی و موتورخانه ^۱	۶۵	۶۰

۱۸-۲-۱۰-۲ زمان واخنش

الزام خاصی در مورد زمان واخنش برای فضاهای ذکر شده در جدول ۱۸-۲-۱۰-۱ وجود ندارد.

۱۸-۲-۱۰-۳ صدابندی هوابرد

شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) یا درجه تراگیسل صدا (STC)، مجاز برای جداکننده های^۲ بین فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون (ذکر شده در جدول ۱۸-۲-۱۰-۱) و سایر فضاها، در جدول ۱۸-۲-۱۰-۲ ارائه شده است.

۱ شامل کلیه موتورخانه های تأسیسات، آسانسور، استخر و ...

۲ در صورتی که جداکننده مرکب باشد، برای محاسبه شاخص کاهش صدای آن به پیوست ۱ مراجعه شود.



۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها

جدول ۱۸-۲-۱۰: صدابندی هوابرد مجاز برای بین فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون^۱
و سایر فضاها

موقعیت جداکننده	نوع جداکننده	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) / حداقل درجه تراگیل صدا (STC) بر حسب دسی‌بل
پوسته خارجی سرویس بهداشتی عمومی	ساده	۴۰
	مرکب	۳۵
پوسته خارجی آشپزخانه عمومی - صنعتی و رختشوی‌خانه	ساده	۴۰
	مرکب	۳۵
دیوار جداکننده فضاهای تأسیساتی، موتورخانه و آسانسور از سایر فضاهای مجاور	ساده	۵۵
دیوار جداکننده سرویس بهداشتی عمومی از سایر فضاهای مجاور	ساده	۵۰
جداکننده سرویس بهداشتی عمومی از راهرو	مرکب	۳۵
سقف جداکننده فضاهای تأسیساتی، موتورخانه و آسانسور از سایر فضاهای مجاور	ساده	۵۵
سقف جداکننده سرویس بهداشتی عمومی از سایر فضاهای مجاور	ساده	۵۰
سقف جداکننده سرویس بهداشتی عمومی از راهرو	ساده	۳۵

۱۸-۲-۱۰-۴ صدابندی کوبه‌ای

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) و درجه صدابندی کوبه‌ای (IIC) مجاز برای سقف بین فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون (ذکر شده در جدول ۱۸-۲-۱۰-۱) و سایر فضاها، در جدول ۱۸-۲-۱۰-۳ ارائه شده است.

^۱ کاربردهای ذکر شده در جدول ۱۸-۲-۱۰-۱



جدول ۱۸-۲-۱۰: صدابندی کوبه‌ای مجاز برای سقف بین فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون و سایر فضاها

موقعیت سقف	حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) بر حسب دسی‌بل	حداقل درجه صدابندی کوبه‌ای (IIc) بر حسب دسی‌بل
سرویس بهداشتی عمومی، آشپزخانه عمومی - صنعتی، رختشوی‌خانه، فضاهای تأسیساتی، موتورخانه و آسانسور بالای فضاهای همانند	۶۵	۴۵
سرویس بهداشتی عمومی، آشپزخانه عمومی - صنعتی، رختشوی‌خانه، فضاهای تأسیساتی، موتورخانه و آسانسور بالای سایر فضاها	۵۰	۶۰



پیوست‌ها

شامل:

- پیوست ۱- روش تعیین شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب
- پیوست ۲- مقادیر ضریب جذب مواد و مصالح گوناگون
- پیوست ۳- مقادیر صدابندی هوابرد جداکننده‌ها
- پیوست ۴- مقادیر صدابندی کوبه‌ای و هوابرد کف-سقف‌ها
- پیوست ۵- مثالی از راهنمای طراحی آکوستیکی



پیوست ۱- روش تعیین شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب

پ-۱-۱ روش محاسبه

برای محاسبه شاخص کاهش صدا (R) یا افت تراگیسیل (TL) یک جداکننده مرکب، از مقادیر شاخص کاهش صدای جداکننده‌های ساده تشکیل دهنده آن که از طرف آزمایشگاه‌های آکوستیک ارائه شده استفاده می‌گردد. ابتدا با داشتن شاخص کاهش صدای جداکننده ساده و با توجه به رابطه (پ-۱-۱) که وابستگی متقابل بین ضریب تراگیسیل و شاخص کاهش صدای هر جداکننده را مشخص می‌کند، ضریب تراگیسیل جداکننده ساده محاسبه می‌شود.

$$TL \text{ یا } R = 10 \cdot \log \frac{1}{\tau} \quad \Rightarrow \quad \tau = 10^{-(\cdot 1)R} \quad (\text{پ-۱-۱})$$

که در آن:

R : شاخص کاهش صدای جداکننده، بر حسب دسی‌بل؛

τ : ضریب تراگیسیل جداکننده.

سپس با داشتن ضریب تراگیسیل برای هر جداکننده ساده و با استفاده از رابطه (پ-۱-۲) ضریب تراگیسیل جداکننده مرکب محاسبه می‌شود.

$$\bar{\tau} = \frac{\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2 + \dots + \tau_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad (\text{پ-۱-۲})$$

که در آن:

$\bar{\tau}$: ضریب تراگیسیل جداکننده مرکب؛

$\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$: ضریب تراگیسیل هر یک از جداکننده‌های ساده تشکیل دهنده جداکننده مرکب؛



$S_1, S_2, \dots, S_n$ ، سطح هر یک از جداکننده‌های ساده تشکیل دهنده جداکننده مرکب، بر حسب مترمربع.

با قرار دادن $\bar{\tau}$ در رابطه (پ-۱-۳) شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب محاسبه می‌گردد.

$$\bar{R} = 10 \cdot \log \frac{1}{\bar{\tau}} \quad \text{یا} \quad \bar{TL} \quad (\text{پ-۱-۳})$$

که در آن :

$\bar{\tau}$: ضریب تراگسیل صدای جداکننده مرکب؛

$\bar{R}$: شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب، بر حسب دسی‌بل.

به‌عنوان مثال: جداکننده مرکبی به ابعاد 10×47 متر، شامل دیوار آجری به ضخامت ۲۲ سانتی‌متر، یک در به ابعاد 1×2 متر و پنجره‌ای به ابعاد 5×1 متر است. در صورتی که شاخص کاهش صدای وزن‌یافته دیوار، در و پنجره به ترتیب ۵۰، ۱۵ و ۲۰ دسی‌بل باشد، شاخص کاهش صدای وزن‌یافته این جداکننده مرکب به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

حل :

پنجره	$S_1 = 5 \times 1 = 5$	متر مربع	$\tau_1 = 10^{-(0.1) \times 20}$
در	$S_2 = 1 \times 2 = 2$	متر مربع	$\tau_2 = 10^{-(0.1) \times 15}$
دیوار	$S_3 = 47 - (2 + 5) = 40$	متر مربع	$\tau_3 = 10^{-(0.1) \times 50}$
جداکننده	$S = 10 \times 47 = 47$	متر مربع	

$$\bar{\tau} = \frac{5 \times 10^{-(0.1) \times 20} + 2 \times 10^{-(0.1) \times 15} + 40 \times 10^{-(0.1) \times 50}}{47} = 2.42 \times 10^{-3}$$

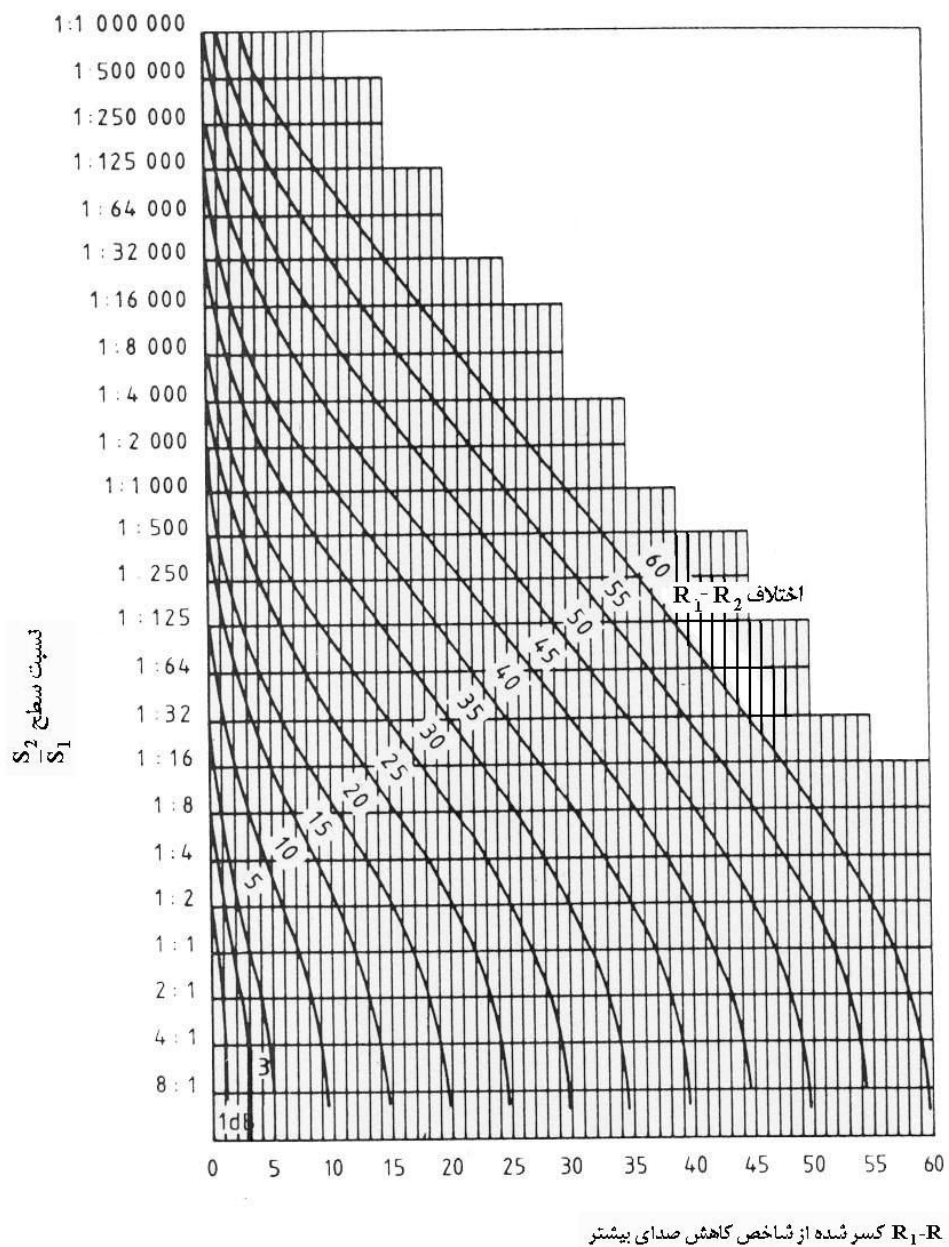
$$\bar{R} = 10 \cdot \log \frac{1}{2.42 \times 10^{-3}} = 26 \text{ dB}$$



پ-۱-۲ روش تخمینی با استفاده از نمودار

در مواردی که سرعت محاسبه از دقت آن اهمیت بیشتری دارد، می‌توان مقدار شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب را با استفاده از نمودارهای شکل پ-۱-۱ تخمین زد. محدودیت این روش، این است که از مجموعه ساختارهای یک جدار مرکب در هر مرحله دو ساختار در نظر گرفته شده و نتیجه به‌دست آمده با ساختار بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرد.





شکل پ-۱-۱: نمودار تخمین شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب



در شکل پ-۱-۱:

R_1 : شاخص کاهش صدای ساختاری که افت صوتی بیشتری دارد؛

R_2 : شاخص کاهش صدای ساختاری که افت صوتی کمتری دارد؛

S_1 : سطح جداری که افت صوتی بیشتری دارد؛

S_2 : سطح جداری که افت صوتی کمتری دارد؛

R : شاخص کاهش صدای جدار مرکب.

به عنوان نمونه، جواب مثالی را که در بند پ-۱-۱ مطرح شده است می‌توان به روش تخمینی به‌دست آورد. بدین منظور ابتدا دیوار به‌عنوان یک ساختار و پنجره به‌عنوان ساختاری دیگر در نظر گرفته شده و به‌صورت زیر عمل می‌شود:

الف: اختلاف دو کاهش صدای دیوار و پنجره را به‌دست آورده ($R_1 - R_2 = 50 - 20 = 30$) و سپس منحنی ۳۰ از روی شکل مشخص می‌گردد.

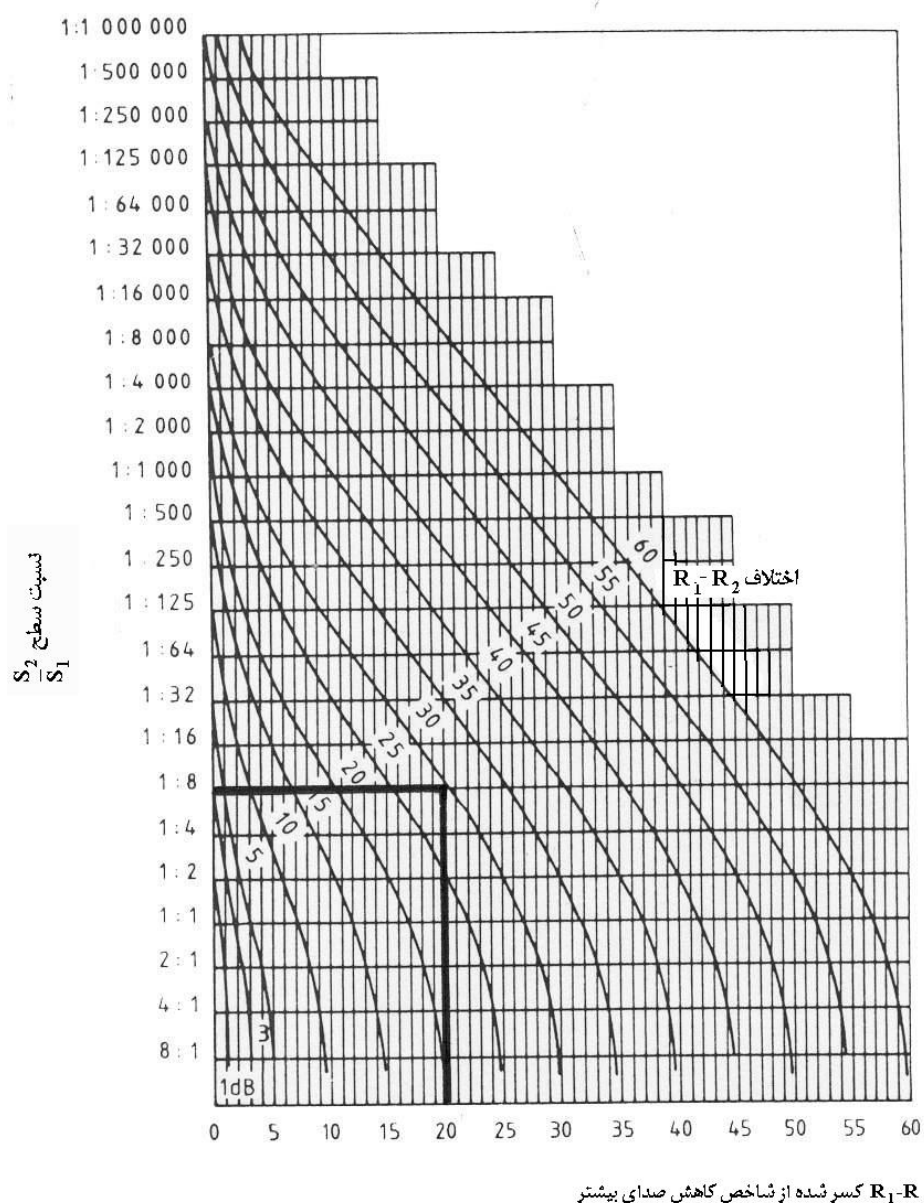
ب: نسبت دو سطح تشکیل دهنده دیوار و پنجره را به‌دست آورده $\frac{S_2}{S_1} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8}$ و از نقطه

مربوط به این نسبت در روی محور عمودی خطی به موازات محور افقی رسم کرده تا نمودار اختلاف ۳۰ دسی بل را قطع کند. سپس از محل تلاقی به‌دست آمده خطی عمود بر محور افقی رسم کرده تا محور « کسر شده از شاخص کاهش صدا » را قطع کند. در نتیجه شاخص کاهش صدای مرکب R ، به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$R = 50 - 20 = 30 \quad \Rightarrow \quad 50 - R = 20 \quad \Rightarrow \quad R_1 - R = 20$$

مراحل فوق روی شکل پ-۱-۲ نشان داده شده است.





شکل پ-۱-۲: نمودار تخمین شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب



در ادامه به همین روش ساختار مرکب دیوار و پنجره به عنوان یک ساختار و ساختار در به عنوان ساختاری دیگر در نظر گرفته می شود:

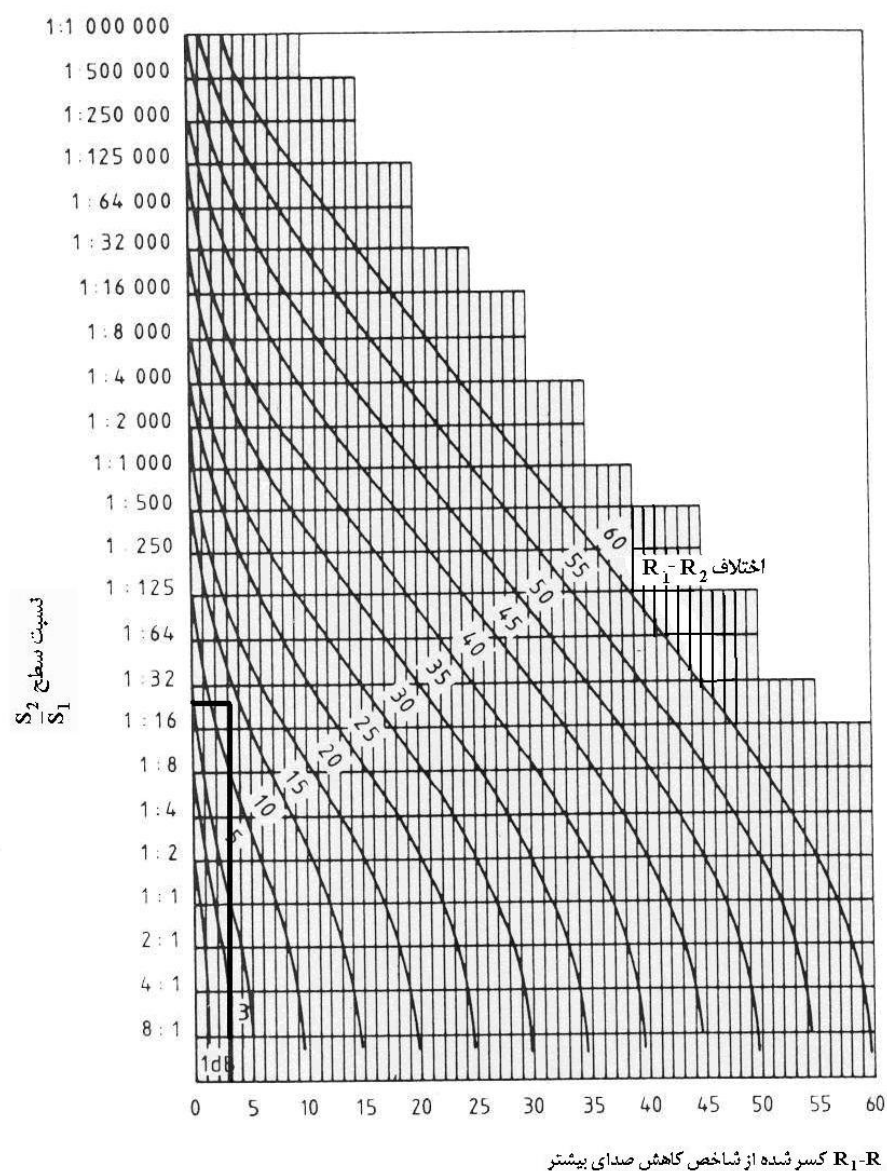
متر مربع	$S = 10 \times 4.7 = 47$	جداکننده
متر مربع	$S_1 = 1 \times 2 = 2$	در
متر مربع	$S_2 = 47 - (2) = 45$	دیوار و پنجره

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{2}{45} = \frac{1}{22.5}$$

$$R_1 - R_2 = 30 - 15 = 15 \quad \text{و} \quad R_1 - R = 4 \quad \Rightarrow \quad R = 30 - 4 = 26$$

مراحل فوق روی شکل پ-۱-۳ نشان داده شده است.





شکل پ-۱-۳: نمودار تخمین شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب

در نتیجه مقدار افت صوتی جداکننده مرکب از روش تخمینی ۲۶ دسی بل و از روش محاسبه نیز ۲۶ دسی بل به دست آمده است.



پیوست ۲- مقادیر ضریب جذب مواد و مصالح گوناگون

مقادیر ضریب جذب برخی مواد برگرفته از منابع گوناگون خارجی، برای راهنمایی در جدول پ-۲-۱ ارائه شده است. طراح باید اطلاعات مربوط به ضریب جذب مواد و مصالح گوناگون را از تأییدیه‌های استاندارد و گواهینامه‌های فنی شرکت‌های تولیدکننده استخراج نماید، تا بتواند در تمهیداتی که برای طراحی آکوستیکی به کار می‌برد، از آن‌ها بهره گیرد.

جدول پ-۲-۱ مقادیر ضریب جذب صدای مواد و مصالح ساختمانی

نوع جذب‌کننده						ضریب جذب صدا در بسامد مرکزی بندهای یک هنگامی					
						۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰
سطوح سخت											
بتن تراز شده، رنگ نشده						۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۵
بتن تراز شده، رنگ شده						۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
بتن زیر						۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۷
آجرکاری با بندکشی هم سطح						۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۷
آجرکاری با بندکشی به عمق ۱۰ میلی‌متر						۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۲۴
اندود گچی						۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵
اندود گچی، رنگ شده						۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
کاشی سرامیکی						۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
شیشه ۴ میلیمتری						۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۲
شیشه ۶ میلیمتری						۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲
شیشه دوجداره						۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲
پانل‌ها											
در چوبی توپر						۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۰
صفحات گچی به ضخامت ۹ میلیمتر روی نوارهای چوبی، ۱۸ میلیمتر فاصله هوایی با الیاف معدنی						۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
تخته چندلایی به ضخامت ۵ میلیمتر روی نوارهای چوبی، ۵۰ میلیمتر فاصله هوایی با الیاف معدنی						۰/۴۰	۰/۳۵	۰/۲۰	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۰۵
صفحات گچی به ضخامت ۱۳ میلیمتر روی قاب، ۱۰۰ میلیمتر فاصله هوایی						۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳



ادامه جدول پ-۲-۱ مقادیر ضریب جذب صدای مواد و مصالح ساختمانی

نوع جذب کننده						ضریب جذب صدا در بسامد مرکزی بندهای یک هنگامی					
						۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰
صفحات گچی به ضخامت ۱۳ میلیمتر روی قاب، ۱۰۰ میلیمتر فاصله هوایی با الیاف معدنی						۰٫۳۰	۰٫۱۲	۰٫۰۸	۰٫۰۶	۰٫۰۶	۰٫۰۵
دو لایه صفحه گچی به ضخامت ۱۳ میلیمتر روی قاب، ۵۰ میلیمتر فاصله هوایی با الیاف معدنی						۰٫۱۵	۰٫۱۰	۰٫۰۶	۰٫۰۴	۰٫۰۴	۰٫۰۵
تخته‌های چوبی به ضخامت ۲۲ میلیمتر به پهنای ۱۰۰ میلیمتر و به فواصل ۱۰ میلیمتر از یکدیگر، ۵۰۰ میلیمتر فاصله هوایی با الیاف معدنی						۰٫۰۵	۰٫۲۵	۰٫۶۰	۰٫۱۵	۰٫۰۵	۰٫۱۰
سقف کاذب											
تایل آکوستیکی به ضخامت ۱۳ میلیمتر، نصب مستقیماً روی سقف						۰٫۱۰	۰٫۲۵	۰٫۷۰	۰٫۸۵	۰٫۷۰	۰٫۶۰
تایل آکوستیکی به ضخامت ۱۳ میلیمتر به صورت سقف کاذب به فاصله ۵۰۰ میلیمتر از سقف						۰٫۷۵	۰٫۷۰	۰٫۶۵	۰٫۸۵	۰٫۸۵	۰٫۸۰
سقف کاذب گچی						۰٫۲۰	۰٫۱۵	۰٫۱۰	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵
مواد الیافی											
الیاف معدنی به ضخامت ۵۰ میلیمتر با چگالی 33 kg/m^3						۰٫۱۵	۰٫۶۰	۰٫۹۰	۰٫۹۰	۰٫۹۰	۰٫۸۵
الیاف معدنی به ضخامت ۷۵ میلیمتر با چگالی 33 kg/m^3						۰٫۳۰	۰٫۸۵	۰٫۹۵	۰٫۸۵	۰٫۹۰	۰٫۸۵
الیاف معدنی به ضخامت ۱۰۰ میلیمتر با چگالی 33 kg/m^3						۰٫۳۵	۰٫۹۵	۱٫۰۰	۰٫۹۲	۰٫۹۰	۰٫۸۵
الیاف معدنی به ضخامت ۵۰ میلیمتر با چگالی 60 kg/m^3						۰٫۱۱	۰٫۶۰	۰٫۹۶	۰٫۹۴	۰٫۹۲	۰٫۸۲
الیاف معدنی به ضخامت ۷۵ میلیمتر با چگالی 60 kg/m^3						۰٫۳۴	۰٫۹۵	۱٫۰۰	۰٫۸۲	۰٫۸۷	۰٫۸۶
الیاف معدنی به ضخامت ۲۵ میلیمتر، ۲۵ میلیمتر فاصله هوایی						۰٫۱۰	۰٫۴۰	۰٫۷۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰
الیاف معدنی به ضخامت ۵۰ میلیمتر، ۵۰ میلیمتر فاصله هوایی						۰٫۵۰	۰٫۷۰	۰٫۹۰	۰٫۹۰	۰٫۹۰	۰٫۸۰
الیاف معدنی به ضخامت ۵۰ میلیمتر با چگالی 96 kg/m^3 ، در پشت صفحه فلزی سوراخدار با ۲۵٪ سطح باز						۰٫۲۰	۰٫۳۵	۰٫۶۵	۰٫۸۵	۰٫۹۰	۰٫۸۰
اندود آکوستیکی به ضخامت ۲۵ میلیمتر روی دیوار سخت						۰٫۰۳	۰٫۱۵	۰٫۵۰	۰٫۸۰	۰٫۸۵	۰٫۸۰
اندود آکوستیکی به ضخامت ۹ میلیمتر روی دیوار سخت						۰٫۰۲	۰٫۰۸	۰٫۳۰	۰٫۶۰	۰٫۸۰	۰٫۹۰
اندود آکوستیکی به ضخامت ۹ میلیمتر روی تخته‌گچی به فاصله هوایی ۷۵ میلیمتر از دیوار						۰٫۳۰	۰٫۳۰	۰٫۶۰	۰٫۸۰	۰٫۷۵	۰٫۷۵
کف پوش‌ها											
موکت نازک ۶ میلیمتری با زیرلایه						۰٫۰۳	۰٫۰۹	۰٫۲۰	۰٫۵۴	۰٫۷۰	۰٫۷۲
موکت ضخیم ۹ میلیمتری با زیرلایه						۰٫۰۸	۰٫۰۸	۰٫۳۰	۰٫۶۰	۰٫۷۵	۰٫۸۰
کف چوبی (لمبه‌کوبی چوبی) بر روی تیرچه						۰٫۱۵	۰٫۱۱	۰٫۱۰	۰٫۰۷	۰٫۰۶	۰٫۰۷



ادامه جدول پ-۲-۱ مقادیر ضریب جذب صدای مواد و مصالح ساختمانی

ضریب جذب صدا در بسامد مرکزی بندهای یک هنگامی						نوع جذب کننده
۴۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۲.۵	
۰.۱۰	۰.۰۵	۰.۱۰	۰.۱۰	۰.۱۵	۰.۲۰	کف پارکت روی زیرسازی چوبی
۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۴	۰.۰۴	کف پارکت بر روی بتن
۰.۰۵	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۰۲	وینیل یا لینولیوم روی بتن
صندلی و شنونده						
۰.۷۸	۰.۸۱	۰.۶۹	۰.۵۶	۰.۲۴	۰.۱۶	شنونده نشسته روی صندلی چوبی
۰.۷۰	۰.۸۲	۰.۸۸	۰.۸۰	۰.۶۶	۰.۴۹	صندلی با پوشش پارچه‌ای
۰.۵۰	۰.۵۸	۰.۶۱	۰.۵۸	۰.۵۰	۰.۴۰	صندلی با پوشش چرمی
۰.۷۰	۰.۶۰	۰.۴۵	۰.۴۵	۰.۴۰	۰.۵۰	مبلمان اداری (میز کار)



پیوست ۳- مقادیر صدابندی هوابرد جداکننده‌ها

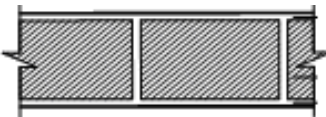
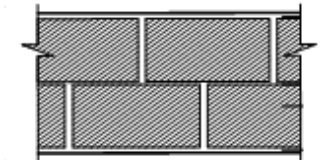
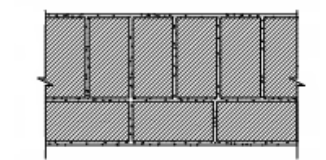
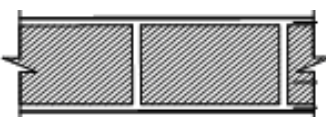
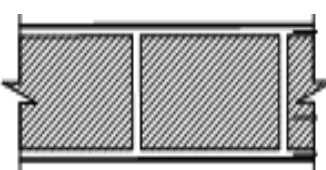
جهت انتخاب صحیح جداکننده‌ها در یک ساختمان ضروری است که طراح، مقادیر صدابندی جداکننده‌ها مانند دیوار، در، پنجره و شیشه را در مقابل صدای هوابرد (شاخص کاهش صدای وزن یافته، R_w یا درجه تراگیل صدا، STC) در اختیار داشته باشد. بدین منظور طراح باید اطلاعات مربوط به این مقادیر را از تأییدیه‌های استاندارد و گواهی‌نامه‌های فنی شرکت‌های تولیدکننده استخراج نماید.

پ-۳-۱ دیوارها

مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته تعدادی از دیوارهای ساخته شده با آجر فشاری یا سفالی، بتنی، بلوک‌های بتن سبک و هم‌چنین دیوارهای باربر و غیرباربر با ساخت و ساز خشک (drywall)، سیستم صفحات ساندویچی با بتن پاششی (3D) و قالب عایق ماندگار بتنی (ICF) برگرفته از منابع گوناگون داخلی و خارجی، در جدول پ-۳-۱ ارائه شده است.

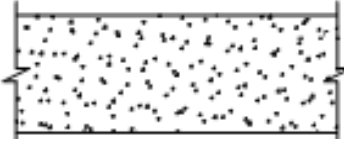
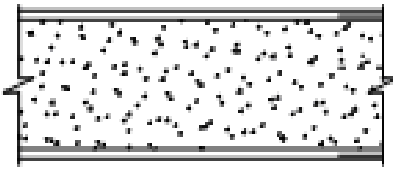
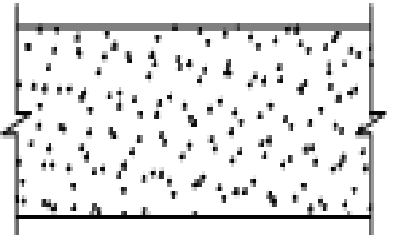
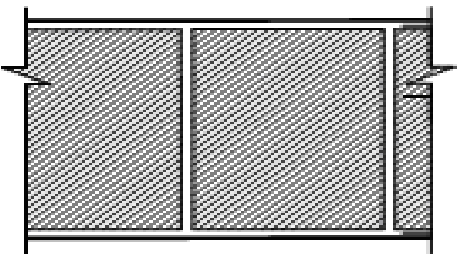


جدول پ-۳-۱: صدابندی هوابرد چند نمونه از دیوارها

ساختمان دیوار	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	R_w یا STC (dB)
دیوار آجر فشاری ۱۱ سانتیمتری، دو رو اندود با گچ و خاک و گچ پرداختی، به ضخامت ۲ سانتیمتر	۱۵		۴۷
دیوار آجر فشاری ۲۲ سانتیمتری، دو رو اندود با گچ و خاک و گچ پرداختی، به ضخامت ۲ سانتیمتر	۲۶		۵۲
دیوار آجر فشاری ۳۳ سانتیمتری، دو رو اندود با گچ و خاک و گچ پرداختی، به ضخامت ۱/۲۵ سانتیمتر	۳۵/۵		۵۶
دیوار آجر سفالی ۱۰ سانتیمتری، دو رو اندود با گچ و خاک و گچ پرداختی، به ضخامت ۱ سانتیمتر	۱۲		۴۲
دیوار آجر سفالی ۱۵ سانتیمتری، دو رو اندود با گچ و خاک و گچ پرداختی، به ضخامت ۳ سانتیمتر	۲۱		۴۶
دیوار دوجداره با آجر فشاری ۱۱ سانتیمتری با ۵ سانتیمتر فاصله هوایی، دو رو اندود به ضخامت ۱/۵ سانتیمتر	۳۰		۵۴

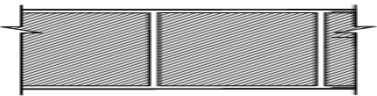
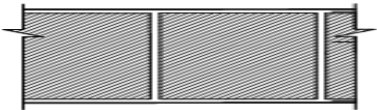
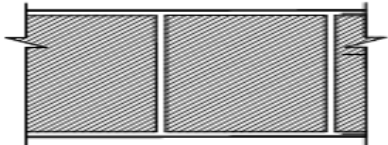
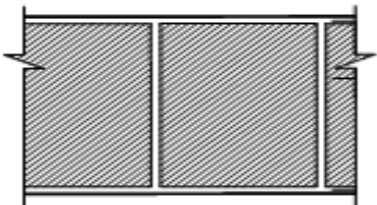


ادامه جدول پ-۳-۱: صدابندی هوابرد چند نمونه از دیوارها

یا R_w STC (dB)	جزئیات اجرایی	ضخامت کلی (cm)	ساختار دیوار
۴۷		۷,۵	دیوار بتنی به ضخامت ۷,۵ سانتیمتر
۵۳		۱۷,۵	دیوار بتنی به ضخامت ۱۵ سانتیمتر دو رو اندود با گچ به ضخامت ۱,۲۵ سانتیمتر
۵۸		۲۰	دیوار بتنی به ضخامت ۲۰ سانتیمتر
۶۳		۴۲,۵	دیوار با بلوک‌های توپر بتنی به ضخامت ۴۰ سانتیمتر دو رو اندود گچ به ضخامت ۱,۲۵ سانتیمتر

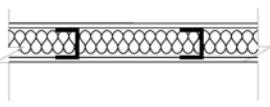
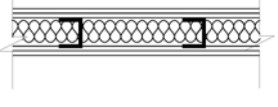
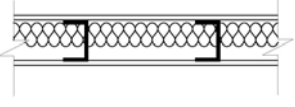


ادامه جدول پ-۳-۱: صدابندی هوابرد چند نمونه از دیوارها

ساختار دیوار	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	R_w یا STC (dB)
دیوار با بلوک بتن سبک به ضخامت ۱۰ سانتیمتر، دو رو اندود با گچ به ضخامت ۱ سانتیمتر	۱۲		۴۵
دیوار با بلوک بتن سبک به ضخامت ۱۵ سانتیمتر، دو رو اندود با گچ به ضخامت ۱ سانتیمتر	۱۷		۴۵
دیوار با بلوک تو خالی از بتن سبک به ضخامت ۱۹ سانتیمتر، دو رو اندود با گچ به ضخامت ۱ سانتیمتر	۲۱		۴۶
دیوار با بلوک توپر از بتن سبک به ضخامت ۲۵ سانتیمتر، دو رو اندود با گچ به ضخامت ۱ سانتیمتر	۲۷		۵۱

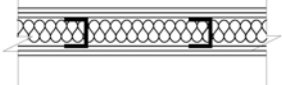
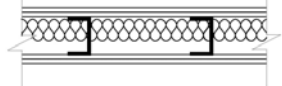
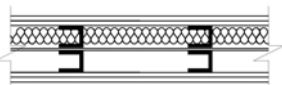
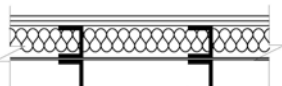


ادامه جدول پ-۳-۱: صدابندی هوابرد چند نمونه از دیوارها

ساختمان دیوار	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	R_w یا STC (dB)
دیوار با صفحات روکش دار گچی (drywall): - یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲٫۵ سانتیمتر در هر طرف - وادارهای ۵ سانتیمتری در فواصل ۶۲٫۵ سانتیمتر - الیاف معدنی به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط	۷٫۵		۴۵
دیوار با صفحات روکش دار گچی (drywall): - یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲٫۵ سانتیمتر در هر طرف - وادارهای ۷٫۵ سانتیمتری در فواصل ۶۲٫۵ سانتیمتر - الیاف معدنی به ضخامت ۶ سانتیمتر در وسط	۱۰		۴۵
دیوار با صفحات روکش دار گچی (drywall): - دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲٫۵ سانتیمتر در هر طرف - وادارهای ۵ سانتیمتری در فواصل ۶۲٫۵ سانتیمتر - الیاف معدنی به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط	۱۰		۵۰
دیوار با صفحات روکش دار گچی (drywall): - یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲٫۵ سانتیمتر در هر طرف - وادارهای ۱۰ سانتیمتری در فواصل ۶۲٫۵ سانتیمتر - الیاف معدنی به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط	۱۲٫۵		۴۷

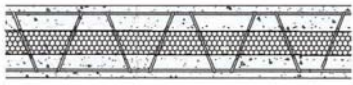
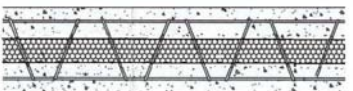
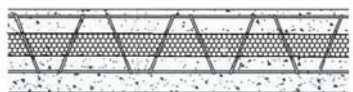
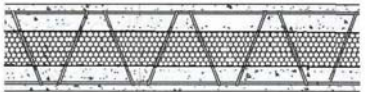
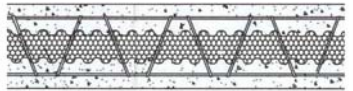


ادامه جدول پ-۳: صدابندی هوابرد چند نمونه از دیوارها

ساختمان دیوار	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	R_w یا STC (dB)
دیوار با صفحات روکش دار گچی (drywall): - دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱,۲۵ سانتیمتر در هر طرف - وادارهای ۷,۵ سانتیمتری در فواصل ۶۲,۵ سانتیمتر - الیاف معدنی به ضخامت ۶ سانتیمتر در وسط	۱۲,۵		۵۲
دیوار با صفحات روکش دار گچی (drywall): - دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱,۲۵ سانتیمتر در هر طرف - وادارهای ۱۰ سانتیمتری در فواصل ۶۲,۵ سانتیمتر - الیاف معدنی به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط	۱۵		۵۳
دیوار دوبل با صفحات روکش دار گچی (drywall): - دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱,۲۵ سانتیمتر در هر طرف - وادارهای ۵ سانتیمتری در فواصل ۶۲,۵ سانتیمتر - الیاف معدنی به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط	۱۵,۵		۶۱
دیوار دوبل با صفحات روکش دار گچی (drywall): - دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱,۲۵ سانتیمتر در هر طرف - وادارهای ۷,۵ سانتیمتری در فواصل ۶۲,۵ سانتیمتر - الیاف معدنی به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط	۲۰,۵		۶۳

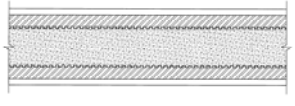
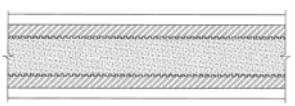
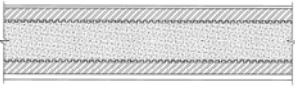
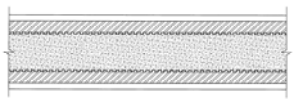


ادامه جدول پ-۳-۱: صدابندی هوابرد چند نمونه از دیوارها

ساختار دیوار	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	R_w یا STC (dB)
دیوار با ساندویچ پانل 3D: - پلی استایرن به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط - بتن با رویه لیسهای به ضخامت ۴ سانتیمتر در دو طرف	۱۲		۴۶
دیوار با ساندویچ پانل 3D: - پلی استایرن به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط - بتن با رویه لیسهای به ضخامت ۵/۵ سانتیمتر در دو طرف	۱۵		۴۷
دیوار با ساندویچ پانل 3D: - پلی استایرن به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط - بتن با رویه لیسهای به ضخامت ۴ سانتیمتر در یک طرف - بتن با رویه لیسهای به ضخامت ۷ سانتیمتر در طرف دیگر	۱۵		۴۸
دیوار با ساندویچ پانل 3D: - پلی استایرن به ضخامت ۶ سانتیمتر در وسط - بتن با رویه لیسهای به ضخامت ۴ سانتیمتر در دو طرف	۱۴		۴۳
دیوار با ساندویچ پانل 3D: - پلی استایرن به ضخامت ۱۰ سانتیمتر در وسط - بتن با رویه لیسهای به ضخامت ۵ سانتیمتر در دو طرف	۲۰		۴۵



ادامه جدول پ-۳-۱: صدابندی هوابرد چند نمونه از دیوارها

شرح سیستم	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	R_w یا STC (dB)
دیوار با ساختار قالب‌های بلوکی عایق ماندگار بتنی (ICF) به ضخامت ۲۵ سانتیمتر (رابط پلی‌استایرن)، پر شده با بتن مسلح (ضخامت بتن ۱۴ سانتیمتر)، هر طرف یک لایه تخته‌گچی به ضخامت ۱٫۲۵ سانتیمتر	۲۷٫۵		۴۲
دیوار با ساختار قالب عایق ماندگار بتنی (ICF): بلوک‌های ۲۵ سانتیمتری (رابط پلی‌استایرن)، پر شده با بتن مسلح، دو رو اندود با گچ و خاک و گچ پرداختی به ضخامت ۲ سانتیمتر	۲۹		۴۵
دیوار با ساختار قالب پانلی تخت عایق ماندگار بتنی (ICF) (ضخامت هر پانل ۵٫۲۰ سانتیمتر) که به وسیله بست‌های پلاستیکی به یکدیگر متصل شده‌اند و بخش میانی پر شده با بتن مسلح به ضخامت ۱۴٫۶۰ سانتیمتر، یک طرف یک لایه تخته‌گچی به ضخامت ۱٫۳۰ سانتیمتر، طرف دیگر یک لایه تخته‌گچی به ضخامت ۰٫۷۰ سانتیمتر	۲۷		۴۷
دیوار با ساختار قالب پانلی تخت عایق ماندگار بتنی (ICF): (ضخامت هر پانل ۵ سانتیمتر) که به وسیله بست‌های پلاستیکی به یکدیگر متصل شده‌اند پر شده با بتن مسلح به ضخامت ۱۵ سانتیمتر، یک لایه تخته‌گچی به ضخامت ۱٫۲۵ سانتیمتر در هر طرف دیوار	۲۷٫۵		۴۸



پ-۳-۲ شیشه‌ها

مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته تعدادی از شیشه‌ها برگرفته از منابع گوناگون داخلی و خارجی، برای راهنمایی در جدول پ-۳-۲ ارائه شده است.

جدول پ-۳-۲: مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای تعدادی از شیشه‌ها

نوع شیشه	نوع لایه و ضخامت به میلیمتر			R_w یا STC (dB)
ساده	۴			۳۱
	۶			۳۲
	۱۰			۳۴
	۱۲			۳۶
	لایه‌ها			
لمینیت	شیشه	PVB ^۱	شیشه	۳۳
	۳	۰٫۳۸	۳	۳۵
	۳	۰٫۷۶	۳	۳۴
	۴	۰٫۳۸	۴	۳۵
	۴	۰٫۷۶	۴	۳۵
	۶	۰٫۳۸	۴	۳۶
	۶	۰٫۳۸	۶	
دوجداره	لایه‌ها			
	شیشه	فاصله هوایی	شیشه	۲۸
	۳	۶	۳	۳۱
	۳	۹	۳	۳۲
	۴	۸	۴	۳۴
	۶	۸	۴	۳۵
	۶	۱۰	۴	۳۶
	۶	۱۲	۴	۳۸
	۶	۱۹	۶	۳۸
	۸	۱۳	۶	۳۹
	۱۰	۱۳	۶	۴۱
	۱۰	۱۳	۸	۳۹
	۳	۵۰	۶	۴۳
	۳	۱۰۰	۶	
دوجداره لمینیت	۶	۸	*۷	۳۶
	۴	۱۲	*۷	۳۷
	۶	۲۵	*۷	۴۲
	۶	۴۰	*۷	۴۴
	۶	۶۰	*۷	۴۶
	۶	۱۰۰	*۷	۴۸

* شیشه‌های لمینیت با ضخامت تقریبی ۷ میلیمتر، متشکل از دو شیشه ۳ میلیمتری با یک لایه PVB

1 polyvinyl butyral



پ-۳-۳ پنجره‌ها

مقادیر صدابندی هوابرد تعدادی از پنجره‌ها برگرفته از منابع گوناگون داخلی و خارجی، برای راهنمایی در جدول پ-۳-۳ ارائه شده است.

جدول پ-۳-۳: مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای تعدادی از پنجره‌ها

نوع پنجره	STC یا R_w (dB)
پنجره کاملاً باز	تقریباً ۵
هر نوع پنجره‌ای در نما، هنگامی که اندکی باز باشد.	۱۵ - ۱۰
پنجره تک‌جدار با شیشه ۴ میلیمتری، درزبندی شده	۲۵
پنجره تک‌جدار با شیشه ۶ میلیمتری، درزبندی شده	۲۷
پنجره تک‌جدار با شیشه ۱۰ میلیمتری، درزبندی شده	۳۰
پنجره با شیشه دوجداره (۶+۱۲+۴ میلیمتری)، درزبندی شده	۳۵
پنجره با شیشه دوجداره (۶ لمینیت + ۱۹+۶ میلیمتر) درزبندی شده	۳۸
پنجره با شیشه دوجداره (۹ لمینیت + ۱۹+۶ میلیمتر) درزبندی شده	۳۹
پنجره با شیشه دوجداره (۵+۱۳+۹ میلیمتر) هر دو شیشه لمینیت، درزبندی شده	۴۰
پنجره با شیشه دوجداره (۶+۶۴+۵ میلیمتر) درزبندی شده	۴۳
پنجره با شیشه دوجداره (۱۳+۶۴+۹ میلیمتر) درزبندی شده	۴۶
پنجره با شیشه دوجداره (۶+۱۰۰+۹ میلیمتر) درزبندی شده	۵۱



پ-۳-۴ درها

مقادیر صدابندی هوابرد تعدادی از درها برگرفته از منابع گوناگون، برای راهنمایی در جدول پ-۳-۴ ارائه شده است.

جدول پ-۳-۴: مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای تعدادی از درها

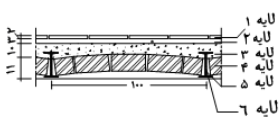
نوع در	STC یا R_w (dB)
در چوبی توخالی به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر درزبندی شده	۲۰
در فلزی توخالی به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر درزبندی شده	۲۸
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۱۹ کیلوگرم بر مترمربع، بدون درزبندی	۲۰
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۱۹ کیلوگرم بر مترمربع، درزبندی شده	۲۸
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۲۴/۵ کیلوگرم بر مترمربع، درزبندی شده	۳۱
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۲۵/۵ کیلوگرم بر مترمربع، درزبندی شده	۳۶
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۳۲/۷ کیلوگرم بر مترمربع، درزبندی شده	۳۹
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۳۴/۲ کیلوگرم بر مترمربع، درزبندی شده	۴۵



پیوست ۴ - مقادیر صدابندی کوبه‌ای و هوابرد کف-سقف‌ها

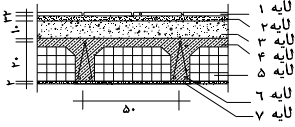
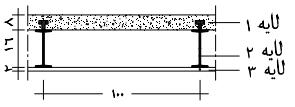
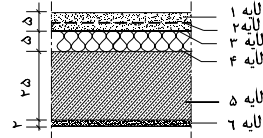
مقادیر صدابندی کوبه‌ای و هوابرد تعدادی از کف-سقف‌های متداول برگرفته از منابع گوناگون داخلی و خارجی، برای راهنمایی در جدول پ-۴-۱ ارائه شده است. طراح باید اطلاعات مربوط به این مقادیر را از تأییدیه‌های استاندارد و گواهی‌نامه‌های فنی شرکت‌های تولیدکننده استخراج نماید.

جدول پ-۴-۱: صدابندی کوبه‌ای و هوابرد چند نمونه از کف - سقف‌ها

ساختار کف - سقف	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	L_{nw} (dB)	HC (dB)	R_w یا STC (dB)
سقف طاق ضربی لایه ۱- موزائیک به ضخامت ۲ سانتیمتر لایه ۲- ملات ماسه و سیمان به ضخامت ۳ سانتیمتر لایه ۳- پوکه معدنی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر لایه ۴- آجرکاری با ملات گچ و خاک به ضخامت ۱۱ سانتیمتر لایه ۵- تیرآهن ۱۴ با فاصله ۱۰۰ سانتیمتر لایه ۶- آندود گچ پرداختی ۱/۲ سانتیمتر	۲۷/۲		۶۸	۴۲	۴۶

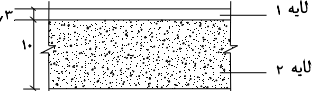
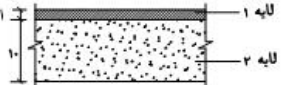
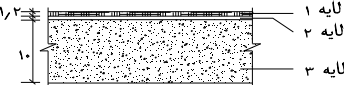


ادامه جدول پ-۴-۱: صدابندی کوبه‌ای و هوابرد چند نمونه از کف - سقف‌ها

ساختار کف - سقف	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	L_{nw} (dB)	HC (dB)	R_w یا STC (dB)
سقف تیرچه بلوک سفالی لایه ۱- موزائیک به ضخامت ۲ سانتیمتر لایه ۲- ملات ماسه سیمان به ضخامت ۳ سانتیمتر لایه ۳- پوکه معدنی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر لایه ۴- بتن لایه ۵- تیرچه‌ها به ضخامت ۲۰ سانتیمتر و به فاصله ۵۰ سانتیمتر لایه ۶- بلوک‌های سفالی لایه ۷- گچ‌کاری به ضخامت ۲ سانتیمتر	۳۷		۷۷	۳۳	۵۲
سقف مرکب شامل تیرچه‌های فولادی و بتن (بدون کف‌پوش) لایه ۱- بتن به ضخامت ۸ سانتیمتر لایه ۲- تیرچه‌های فولادی ۱۶ به فاصله ۱۰۰ سانتیمتر لایه ۳- سقف کاذب گچی با رابیتس‌بندی به ضخامت ۲ سانتیمتر	۲۶		۷۶	۳۴	۵۱
کف شناور (بدون کف‌پوش) لایه ۱- بتن به ضخامت ۵ سانتیمتر لایه ۲- شبکه میلگرد ۶ میلیمتری لایه ۳- لایه مشمع لایه ۴- الیاف معدنی تخته‌ای به ضخامت ۵ سانتیمتر لایه ۵- سقف تیرچه بلوک به ضخامت ۲۵ سانتیمتر لایه ۶- گچ‌کاری به ضخامت ۲ سانتیمتر	۳۷		۴۶	۶۴	۵۲

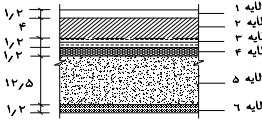
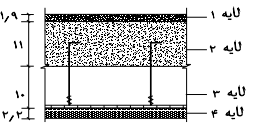
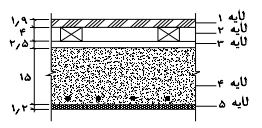


ادامه جدول پ-۴-۱: صدابندی کوبه‌ای و هوابرد چند نمونه از کف - سقف‌ها

ساختمان کف - سقف	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	L_{nw} (dB)	HC (dB)	R_w یا STC (dB)
دال بتنی مسلح (بدون کفپوش) رویه تراز شده با ملات رقیق ماسه و سیمان	۱۰		۸۵	۲۵	۴۴
دال بتنی مسلح با پوشش روی کف لایه ۱- کف پوش از وینیل به ضخامت ۰/۳ سانتیمتر لایه ۲- دال بتنی مسلح، رویه تراز شده با ملات رقیق ماسه و سیمان	۱۰/۳		۸۱	۲۹	۴۴
دال بتنی مسلح با پوشش روی کف لایه ۱- موکت ۱ سانتیمتری با فوم لاستیکی لایه ۲- دال بتنی مسلح به ضخامت ۱۰ سانتیمتر	۱۱		۳۰	۸۰	۵۲
دال بتنی مسلح لایه ۱- پارکت به ابعاد ۲۲/۵ × ۲۲/۵ × ۱/۲ سانتیمتر لایه ۲- ماستیک روی بتن لایه ۳- دال بتنی مسلح به ضخامت ۱۰ سانتیمتر	۱۱/۲		۶۹	۴۱	۴۴
دال بتنی مسلح با پوشش بتنی روی کف لایه ۱- چوب پنبه به ضخامت ۰/۳ سانتیمتر روی کف لایه ۲- دال بتنی مسلح به ضخامت ۱۰ سانتیمتر	۱۰/۳		۶۸	۴۲	۴۴

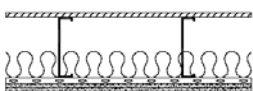
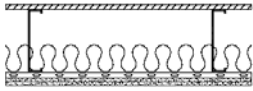
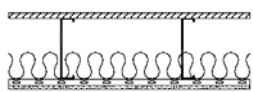


ادامه جدول پ-۴-۱: صدابندی کوبه‌ای و هوابرد چند نمونه از کف - سقف‌ها

یا R_w STC (dB)	IIC (dB)	L_{nw} (dB)	جزئیات اجرایی	ضخامت کلی (cm)	ساختار کف - سقف
۵۱	۴۸	۶۲		۱۴٫۱	دال بتنی مسلح با پوشش بتنی روی کف لایه ۱- پوشش لینولئوم به ضخامت ۰٫۳ سانتیمتر لایه ۲- ملات ماسه سیمان به ضخامت ۱٫۹ سانتیمتر لایه ۳- دال بتنی مسلح به ضخامت ۱۱ سانتیمتر لایه ۴- گچ کاری طرف سقف به ضخامت ۰٫۹ سانتیمتر
۵۰	۵۳	۵۷		۲۱٫۳	دال بتنی مسلح با کف شناور متشکل از لایه‌های زیر : لایه ۱- پوشش لینولئوم به ضخامت ۱٫۲ سانتیمتر لایه ۲- ملات ماسه سیمان مسلح با شبکه آرماتور سبک ۴ سانتیمتری لایه ۳- مقوای قیراندود به ضخامت ۱٫۲ سانتیمتر لایه ۴- الیاف معدنی به ضخامت ۱٫۲ سانتیمتر لایه ۵- سقف بتنی به ضخامت ۱۲٫۵ سانتیمتر لایه ۶- اندود گچ به ضخامت ۱٫۲ سانتیمتر
۴۸	۴۷	۶۳		۲۵٫۱	سقف دال بتنی مسلح با سقف کاذب لایه ۱- ملات ماسه سیمان به ضخامت ۱٫۹ سانتیمتر لایه ۲- سقف بتنی به ضخامت ۱۱ سانتیمتر لایه ۳- راییتس‌بندی با لایه هوا به عرض ۱۰ سانتیمتر لایه ۴- اندود گچ کاری به ضخامت ۲٫۲ سانتیمتر
۵۵	۵۷	۵۳		۲۴٫۶	سقف دال بتنی مسلح با لایه‌های زیر : لایه ۱- کف سازی چوبی به ضخامت ۱٫۹ سانتیمتر لایه ۲- تخته‌های چهار تراش ۴×۵ سانتیمتر لایه ۳- الیاف معدنی به ضخامت ۲٫۵ سانتیمتر لایه ۴- دال بتنی مسلح به ضخامت ۱۵ سانتیمتر لایه ۵- گچ کاری به ضخامت ۱٫۲ سانتیمتر

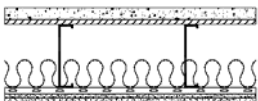


ادامه جدول پ-۴-۱: صدابندی کوبه‌ای و هوابرد چند نمونه از کف - سقف‌ها

ساختار کف - سقف	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	L_{nw} (dB)	HC (dB)	R_w یا STC (dB)
تخته چندلایه ۱,۵۹ سانتیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱,۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی ۱,۲۷ سانتیمتر در زیر	۲۴,۴		۷۰	۴۰	۴۴
جزئیات فوق با فرش با موکت			۵۰	۶۰	
تخته چندلایه ۱,۵۹ سانتیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱,۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، الیاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی ۱,۲۷ سانتیمتر در زیر	۲۴,۴		۷۱	۳۹	۴۸
جزئیات فوق با فرش با موکت			۴۱	۶۹	
تخته چندلایه ۱,۵۹ سانتیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱,۲۲ میلیمتر با فواصل ۶۱۰ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، الیاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی ۱,۲۷ سانتیمتر در زیر	۲۴,۴		۶۸	۴۲	۵۲
جزئیات فوق با فرش با موکت			۴۸	۶۲	
تخته چندلایه ۱,۵۹ سانتیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱,۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، الیاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، یک لایه تخته گچی ۱,۲۷ سانتیمتر زیر	۲۳,۲		۶۶	۴۴	۵۱
جزئیات فوق با فرش با موکت			۴۶	۶۴	



ادامه جدول پ-۴-۱: صدابندی کوبه‌ای و هوابرد چند نمونه از کف - سقف‌ها

ساختار کف - سقف	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	L_{nw} (dB)	HC (dB)	R_w یا STC (dB)
بتن رویه با ضخامت ۳۸ میلیمتر روی تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، الیاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته‌گچی ۱/۲۷ سانتیمتر در زیر	۲۸/۲		۷۹	۳۱	۶۰
جزئیات فوق با فرش با موکت			۴۰	۷۰	



پیوست ۵- مثالی از راهنمای طراحی آکوستیکی (برای دو مجموعه ساختمانی با کاربری‌های مختلف)

به‌طور کلی محیط آکوستیکی مناسب برای هر نوع فعالیتی در ساختمان را می‌توان قبلاً تعیین کرده و پیش‌بینی‌های لازم را در طراحی اعمال کرد. از آن‌جا که لزوم طراحی آکوستیکی در بسیاری از ساختمان‌ها برای کارفرمایان و مجریان روشن نمی‌باشد، اکثر آن‌ها با مشکلات آکوستیکی فراوانی روبرو هستند. به‌عنوان مثال بر همگان روشن است که یک سالن سخنرانی و یا یک سالن موسیقی به طراحی آکوستیکی نیاز دارد ولی عده معدودی از لزوم طراحی آکوستیکی در بقیه ساختمان‌ها از جمله ساختمان‌های مسکونی آگاهی دارند. اکثر مشکلات آکوستیکی را می‌توان در مرحله طراحی با راه‌حل‌های مناسب برطرف کرد. تمامی عناصر ساختاری ساختمان در بهینه‌سازی وضعیت آکوستیکی ساختمان مؤثرند و می‌بایست این عوامل به وضوح شناخته شده و ترکیب مناسب آن‌ها در طراحی اعمال گردد.

معمولاً کنترل آکوستیکی یک فضا به کنترل صحیح سه عامل منبع صدا، مسیر انتقال صدا و دریافت کننده صدا بستگی دارد.

از آنجا که کنترل آکوستیکی معمولاً با پائین آوردن تراز نوفه ارتباط مستقیم دارد در نتیجه باید سعی کرد در مرحله اول تراز نوفه را در محل منبع کاهش داد. از آنجا که در بعضی موارد امکان پائین آوردن تراز نوفه در محل منبع به‌طور کامل میسر نمی‌باشد در مرحله بعد در مسیر تراگسیل صدا باید با استفاده از تمهیدات آکوستیکی این امکان را فراهم آورد. در آخرین مرحله با اصلاح وضعیت آکوستیکی در محل دریافت نوفه می‌توان محیط مناسبی را برای دریافت‌کننده فراهم ساخت.

معمولاً کاهش تراز نوفه در محل منبع و در مسیر تراگسیل صدا سهل‌تر و کم هزینه‌تر از اصلاح وضعیت آکوستیکی در محل دریافت نوفه می‌باشد. بنابراین برای ارائه راه‌حل مناسب باید به این مهم توجه خاص مبذول گردد. در بعضی موارد راه‌حل‌های ترکیبی می‌تواند کمک مؤثری در جهت حل مسأله باشد. به‌عنوان مثال چنانچه کارکرد سیستم تهویه باعث ایجاد نوفه 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، نوفه کاهش یابد. در مرحله بعد با استفاده از جداکننده‌های الاستیک و لایه‌های جاذب صدا در مسیر کانال‌ها، تراز نوفه کاهش می‌یابد. در مرحله آخر چنانچه هنوز تراز نوفه به حد مناسب تقلیل نیافته باشد می‌توان با استفاده از مصالح مناسب در داخل فضا به این مهم دست یافت.

هدف طراحی آکوستیکی در ساختمان، فراهم آوردن محیط رضایت بخش برای فضاهایی با کاربری مورد نظر می‌باشد. مسائل آکوستیکی نه تنها در انتخاب مصالح پوششی فضاها، بلکه به چیدمان فضاها، مانند نحوه قرار گرفتن فضاها آرام با فاصله مناسب از فضاها پر نوفه بستگی دارد. برنامه‌ریزی مناسب کاربری فضاها شامل جداسازی فضاها حساس به نوفه از فضاهایی که نوفه تولید می‌کنند می‌تواند بسیاری از مشکلات آکوستیکی را برطرف کند.

این پیوست شامل اطلاعاتی در مورد طراحی آکوستیکی یک مجموعه ساختمانی است تا طراحان با استفاده از آن، به گونه‌ای عمل نمایند که پس از اتمام ساخت، به اصلاحات اساسی برای بهینه‌سازی وضعیت آکوستیکی نیازی نباشد. از آنجا که تمهیدات به‌کار رفته در طراحی آکوستیکی یک ساختمان، رابطه مستقیم با کاربرد آن دارد، باید مقررات تدوین شده مربوط مد نظر قرار گیرند. این پیوست به بررسی دو عملکرد ساختمانی مختلف بر روی یک سایت مشخص می‌پردازد. در مرحله اول یک مجموعه آموزشی بر روی یک سایت مطالعه شده و با مراجعه به ضوابط تعیین شده برای فضاها آموزشی در بند ۱۸-۲-۴ این مقررات طراحی می‌گردد. در مرحله دوم یک مجموعه مسکونی- اداری بر روی همان سایت، با مراجعه به ضوابط تعیین شده برای فضاها مسکونی در بند ۱۸-۲-۲ و اداری در بند ۱۸-۲-۶ این مقررات طراحی می‌گردد. برای رسیدن به شرایط بهینه و مطابقت با ضوابط فوق، مراحل مختلف طراحی به شرح زیر توصیه می‌شود:

مراحل مختلف طراحی آکوستیکی

برای طراحی آکوستیکی ساختمان، مراحل زیر باید به ترتیب رعایت شوند:

الف- سایت یا محل در نظر گرفته شده جهت ساخت، از لحاظ منابع نوفه خارجی، بررسی شده و تراز نوفه در تمام نقاط آن به منظور منطقه‌بندی آکوستیکی سایت مشخص گردد.

ب- شرایط آکوستیکی فضاها مختلف ساختمانی در رابطه با عملکرد آن‌ها مشخص شده و فضاها در این رابطه دسته‌بندی گردند.



پ- با توجه به دو بند بالا، محل صحیح قرارگیری هر دسته از فضاها در سایت تعیین شود. فضاهایی که بنا به نیاز طرح در موقعیت مناسب در سایت قرار نمی‌گیرند، مشخص گردند تا تمهیدات خاصی در مورد آن‌ها رعایت شود.

ت- طرح اولیه ساختمان با توجه به موقعیت فضاها در سایت تهیه گردد.

ث- در داخل ساختمان، وضعیت قرارگیری فضاهای مختلف بررسی گردد. چنانچه بنا به نیاز طرح یا محدودیت‌های موجود فضاهایی با شرایط مختلف در مجاورت هم یا برروی یکدیگر قرار می‌گیرند، تمهیدات آکوستیکی در مورد جداکننده‌های بین این فضاها رعایت شوند.

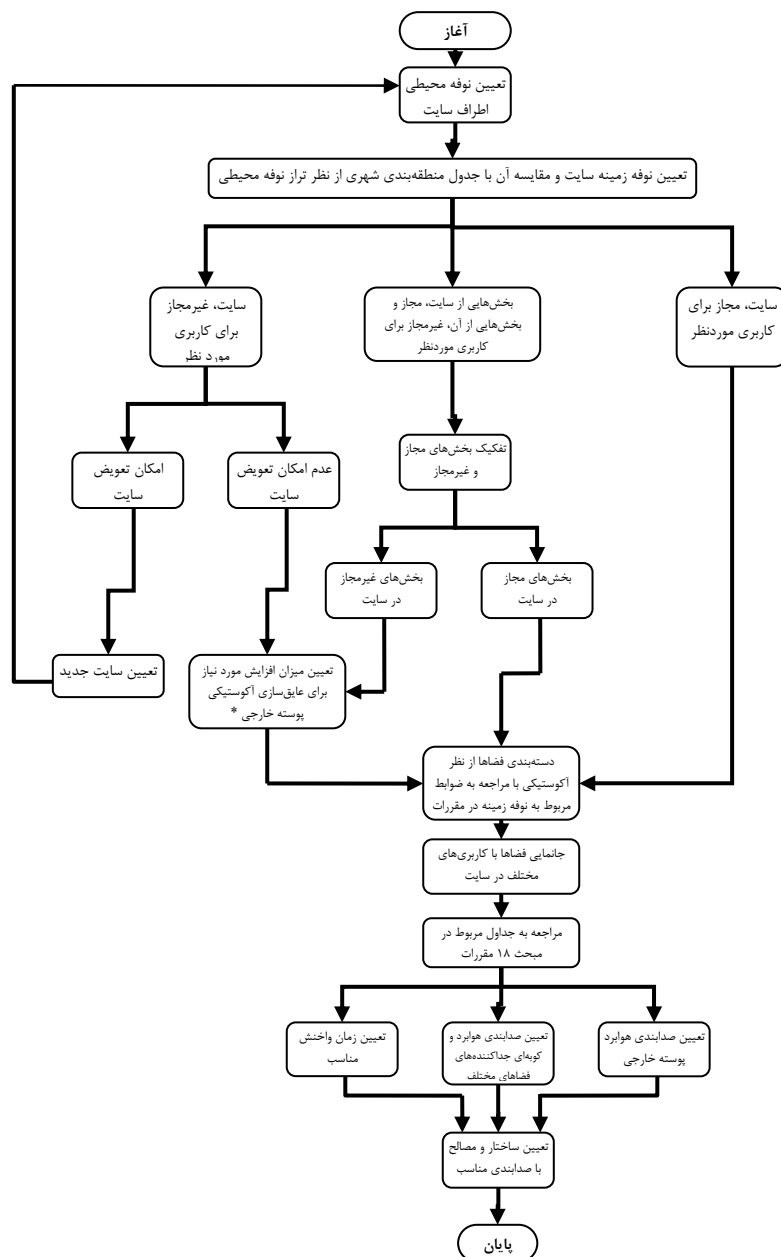
ج- مواد و مصالح مناسب جهت کنترل نوفه و تأمین زمان واخنش بهینه در فضاهای مختلف در رابطه با عملکرد آن‌ها انتخاب گردند.

چ- سیستم‌های سازه‌ای و تأسیساتی از دیدگاه آکوستیکی بررسی و در صورت نیاز بهینه شوند. مراحل مختلف طراحی آکوستیکی یک ساختمان در دیاگرام شکل پ-۵-۱ نشان داده شده است. علاوه بر آن یکایک این مراحل در بندهای بعدی توضیح داده شده و تأثیر آن‌ها در نحوه طراحی هر کدام از دو مجموعه ساختمانی زیر، بر روی یک سایت فرضی ارائه گردیده است:

(۱) آموزشی

(۲) مسکونی- اداری





* میزان افزایش صدابندی هوابرد مورد نیاز برحسب دسی‌بل در این مرحله، باید به مقادیر صدابندی هوابرد پوسته خارجی در مراحل بعدی افزوده شود.

شکل پ-۵-۱: دیاگرام مراحل مختلف طراحی آکوستیکی یک ساختمان



پ-۵-۱ بررسی سایت و منطقه‌بندی آکوستیکی

حفاظت در برابر نوفه می‌تواند به‌عنوان بخشی از حفاظت زیست محیطی باشد. ساختمان‌های آموزشی و مسکونی - اداری به‌لحاظ نیازهای آکوستیکی خاص باید در سائیتی با حداکثر تراز نوفه‌ای برابر با $L_{Aeq(T)} = 65\text{dB}$ در روز، ساخته شود. این‌گونه سایت‌ها معمولاً در مناطق مسکونی و اداری متمرکز می‌گردند. برای نیل به طراحی صحیح آکوستیکی، نوفه محیط بیرون باید ارزیابی شود. در صورتی که در این ارزیابی، نوفه محیط در نقاطی بیش از ۶۵ دسی‌بل باشد با ایجاد فاصله مناسب و یا سدهای صوتی، تراز نوفه را می‌توان تا حد لازم کاهش داد. منابع نوفه خارجی که باید مورد بررسی قرار گیرند به‌شرح زیر می‌باشند:

- نوفه ترافیک

- نوفه ناشی از محوطه‌های ساخته شده مجاور

به‌منظور کاهش نوفه محیطی به‌ویژه نوفه ترافیک می‌توان از موارد زیر استفاده کرد:

۱- ایجاد فاصله مناسب از منبع صوتی

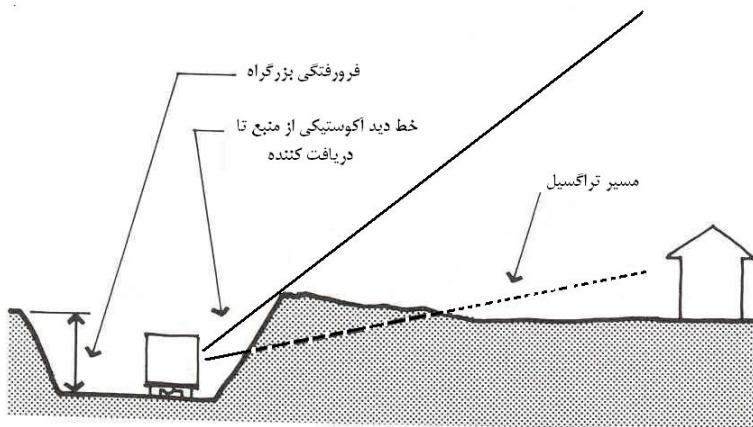
۲- استفاده از موانع صوتی

موانع صوتی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- موانع صوتی طبیعی شامل تپه‌ها، خاکریزهای طبیعی، جنگل‌ها و غیره.

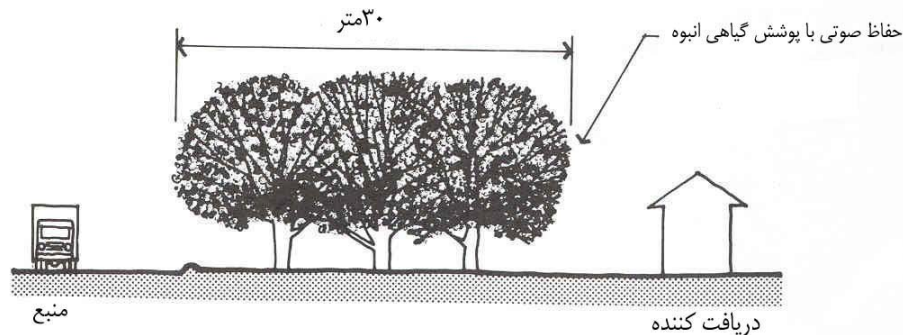
- موانع صوتی مصنوعی شامل دیوار صوتی، خاکریزهای مصنوعی و درختکاری.

شکل‌های پ-۵-۲، پ-۵-۳ و پ-۵-۴ عملکرد انواع موانع صوتی را نمایش می‌دهد.

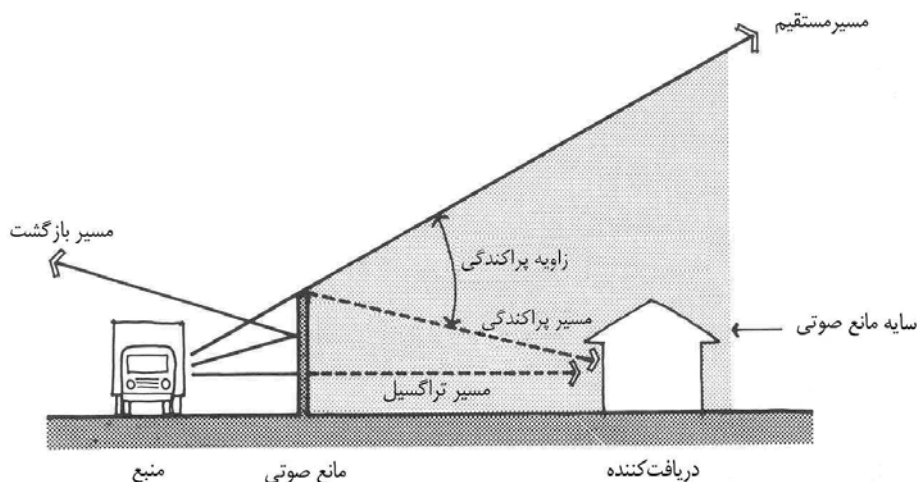


شکل پ-۵-۲: نمایش کاهش نوفه ترافیک توسط خاکریز طبیعی





شکل پ-۵-۳: نمایش کاهش نوفه ترافیک توسط پوشش گیاهی



شکل پ-۵-۴: نمایش کاهش نوفه توسط مانع صوتی

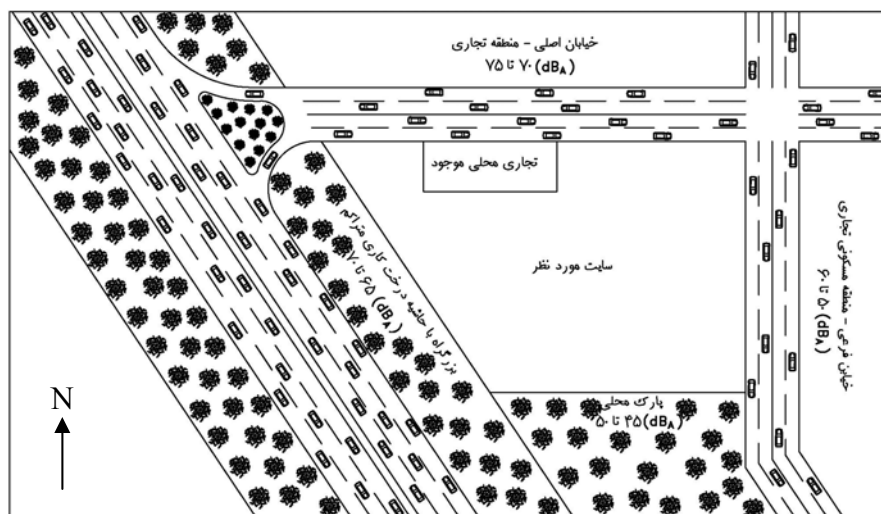
با ایجاد درختکاری با درختان متراکم همیشه سبز با حداقل ۳۰ متر عمق، تراز نوفه ترافیک حدود ۲ تا ۴ dBA کاهش می‌یابد.

در اینجا برای روشن شدن مطالب بالا یک سایت فرضی در نظر گرفته می‌شود. سایت فرضی (شکل پ-۵-۵) به شکل ذوزنقه می‌باشد که در غرب آن یک بزرگراه قرار دارد. نوفه اندازه‌گیری شده در فاصله ۳۰ متری از بزرگراه با درختکاری متراکم در حدود ۶۵ dBA تا ۷۰ می‌باشد.



در شمال سایت، خیابان اصلی - منطقه تجاری قرار دارد و نوفه اندازه‌گیری شده در حاشیه خیابان برابر $70-75 \text{ dBA}$ است، در شرق سایت، خیابان فرعی منطقه مسکونی - اداری با تراز نوفه اندازه‌گیری شده برابر $50-60 \text{ dBA}$ و جنوب سایت، یک پارک محلی با نوفه اندازه‌گیری شده برابر با 45 dBA تا 50 واقع است.

در داخل سایت از مرکز به سمت جنوب درخت کاری نامنظم دیده می‌شود در قسمتی از حاشیه شمالی آن یک مجموعه تجاری محلی قرار گرفته است.

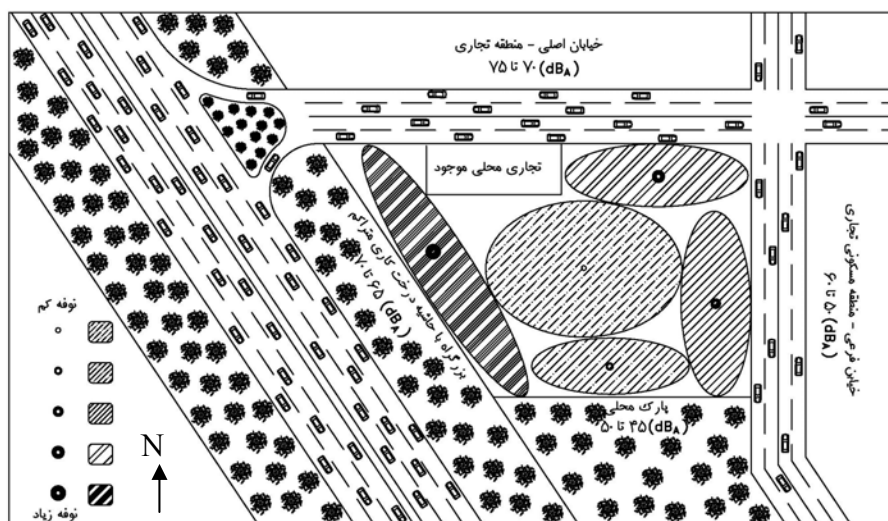


شکل پ-۵-۵: سایت فرضی جهت ساخت

به‌طور کلی در هر ساختمان فضاهای مختلف با کاربری‌های مختلف، نیازهای آکوستیکی متفاوتی دارند. به‌منظور تأمین این نیازها، در مرحله اول محدوده محل ساختمان از لحاظ آکوستیکی منطقه‌بندی می‌شود و فضاهای مختلف ساختمان با توجه به نیازهای آکوستیکی در این مناطق جانمایی می‌گردند.

در سایت فرضی موردنظر، با توجه به نوفه موجود در محیط اطراف، پنج منطقه آکوستیکی پیش‌بینی شده است. این مناطق در شکل پ-۵-۶ نشان داده شده‌اند.





شکل پ-۵-۶: منطقه‌بندی از نظر آکوستیکی در سایت فرضی

پ-۵-۲ بررسی و دسته‌بندی آکوستیکی فضاهای مختلف

فضاهای داخلی ساختمان را نیز می‌توان بر مبنای تراز نوفه زمینه قابل قبول در رابطه با عملکرد فضا به چند دسته تقسیم کرد. هرکدام از این دسته فضاها را از لحاظ شباهت آکوستیکی که دارند می‌توان در یک بخش ساختمان متمرکز کرد که این مسأله را دسته‌بندی آکوستیکی فضاهای مختلف می‌گویند.

بدین منظور، براساس جدول تراز نوفه زمینه قابل قبول برای فضاهای آموزشی در ایران (جدول شماره ۱۸-۲-۴-۱)، فضاهای مختلف یک مجموعه آموزشی در جدول پ-۵-۱ دسته‌بندی شده است.

در همین رابطه، براساس جداول تراز نوفه زمینه قابل قبول برای فضاهای مسکونی-اداری در ایران (جدول شماره ۱۸-۲-۲-۱ و ۱۸-۲-۶-۱) فضاهای مختلف یک مجموعه مسکونی-اداری در جدول پ-۵-۲ دسته‌بندی شده است.



جدول پ-۵-۱: دسته‌بندی آکوستیکی فضاهای آموزشی

درجه‌بندی آکوستیکی	حداکثر تراز نوفه زمینه معادل L_{Aeq} (۳۰) بر حسب دسی‌بل	نوع فضا
۱	۳۵	کلاس درس نظری
		کتابخانه
		نمازخانه
		فضای سمعی و بصری
		اتاق آموزش موسیقی
		سالن سخنرانی
۲	۴۰	آزمایشگاه
		کارگاه‌های سبک
		دفاتر اداری
		اتاق بهداشت
۳	۴۵	غذاخوری و بوفه
		راهرو
۴	۵۰	کارگاه‌های سنگین
		سالن ورزشی
۵	۶۵	فضاهای تأسیساتی و موتورخانه

جدول پ-۵-۲: دسته‌بندی آکوستیکی فضاهای مختلف یک ساختمان مسکونی - اداری

درجه‌بندی آکوستیکی	حداکثر تراز نوفه زمینه معادل L_{Aeq} (۳۰) بر حسب دسی‌بل	نوع فضا
۱	۳۵	اتاق خواب و مطالعه در مسکونی
		اتاق جلسات در اداری
۲	۴۰	اتاق نشیمن و کار در مسکونی
		سالن اجتماعات در مسکونی
		اتاق‌های اداری و دفتری
۳	۴۵	آشپزخانه در مسکونی
		سایت‌های کامپیوتری
		سالن بانک‌ها
۴	۵۰	سرویس بهداشتی
		فضاهای بسته عمومی

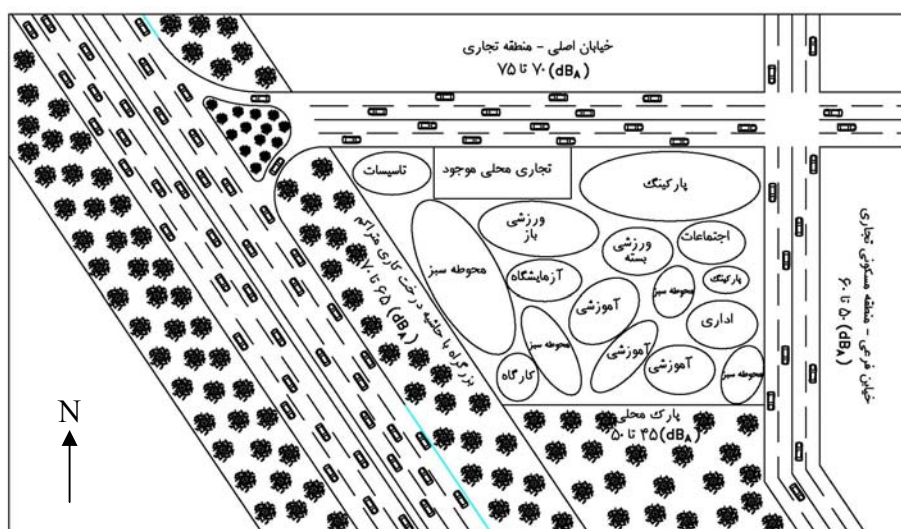


پ-۵-۳ آرایش آکوستیکی فضاها بر روی سایت فرضی

با توجه به جدول دسته‌بندی، فضاهاى مختلف موقعیت هر دسته فضا بر روی سایت مشخص می‌گردد. در دسته‌بندی فضاها به‌منظور سهولت پیدا کردن موقعیت مناسب بر روی سایت، از منطقه‌بندی آکوستیکی شکل پ-۵-۶ استفاده شده است.

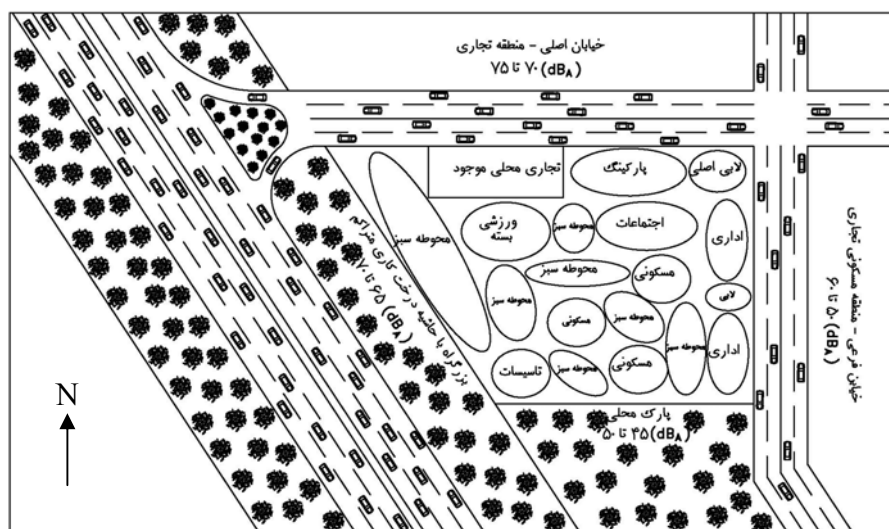
در مورد پیدا کردن موقعیت فضا ممکن است موارد استثنا نیز وجود داشته باشد، مثلاً سالن اجتماعات که از نظر سازه‌ای از سایر فضاها جدا شده و ضمناً پنجره‌ای به بیرون ندارد باید کاملاً صدابندی گردد.

جانمایی محوطه و استقرار فضاها در یک مجموعه آموزشی در شکل پ-۵-۷ و در یک مجموعه مسکونی-اداری در شکل پ-۵-۸ نشان داده شده است.



شکل پ-۵-۷: جانمایی محوطه و استقرار فضاها در یک مجموعه آموزشی



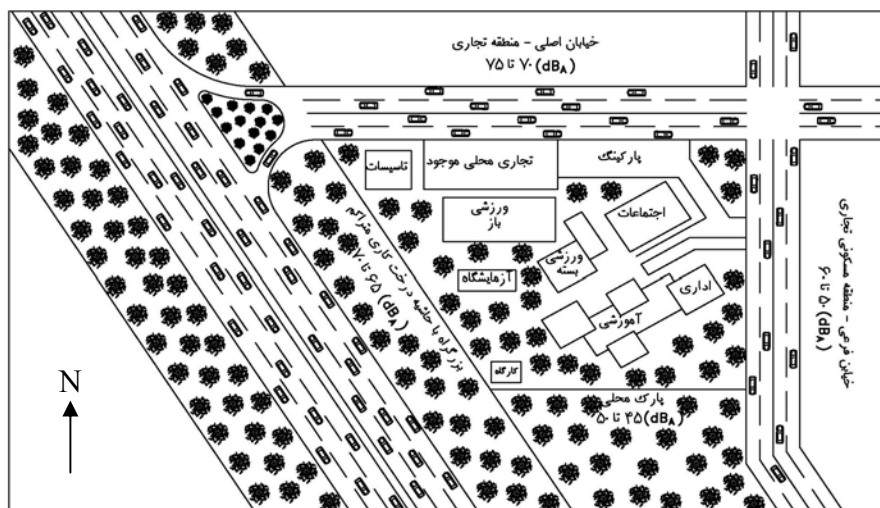


شکل پ-۵-۸: جانمایی محوطه و استقرار فضاها در یک مجموعه مسکونی-اداری

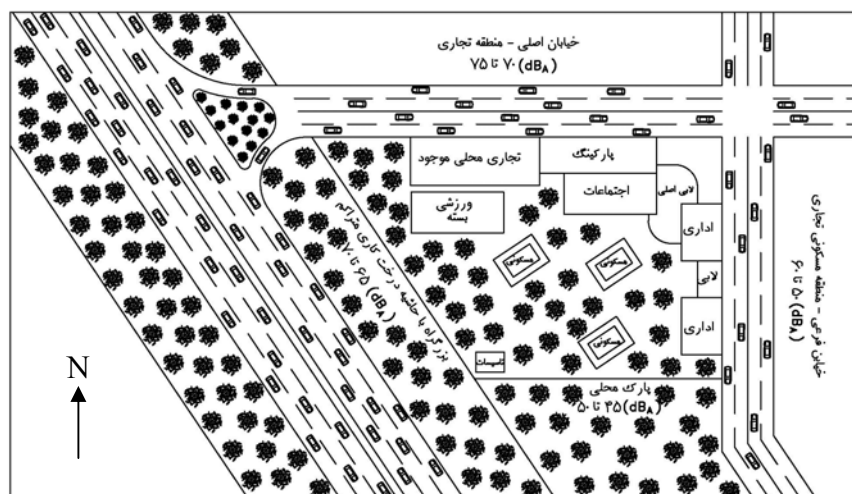
پ-۵-۴ تهیه طرح اولیه ساختمان

با توجه به قرارگیری فضاهای مختلف بر روی سایت فرضی در رابطه با مسایل آکوستیکی می‌توان طرح اولیه ساختمان را تهیه نمود. در نظر گرفتن نکاتی همانند قرار گرفتن فضاهایی با شرایط آکوستیکی متفاوت در مجاورت یکدیگر، می‌تواند تأثیر بسزایی در شکل‌گیری مجموعه داشته باشد (شکل‌های پ-۵-۸ و پ-۵-۹).





شکل پ-۵-۹: جانمایی محوطه و استقرار فضاها در یک ساختمان آموزشی
تمامی فضاها در یک طبقه هم سطح



شکل پ-۵-۱۰: جانمایی محوطه و استقرار فضاها در یک مجموعه مسکونی - اداری
تمامی فضاها در یک طبقه هم سطح



پ-۵-۵ استفاده از جداکننده با صدابندی مناسب

کنترل نوفه در فضاهای مختلف ساختمان از عوامل مهم طراحی از نظر تأمین محیط آکوستیکی مطلوب می‌باشد. چنانچه بنا به نیاز طرح یا محدودیت‌های موجود، فضاهایی با شرایط آکوستیکی مختلف در مجاورت یکدیگر قرار گیرند، استفاده از جداکننده‌هایی با صدابندی مناسب توصیه می‌گردد.

همچنین محدودیت‌های زمین در بسیاری از موارد باعث افزایش تعداد طبقات و در نتیجه قرارگیری فضاهایی با شرایط آکوستیکی مختلف بر روی یکدیگر می‌گردد که در این مورد نیز مسایل مربوط به صدابندی مناسب از اهم مطالب است.

مقدار صدابندی در ساختمان از نقطه نظر شناخت منابع صدای ورودی و تراز صدای قابل قبول برای فضای موردنظر، باید مورد توجه قرار گیرد. آگاهی بنیادی از مسائل صدابندی و اطلاعاتی از ویژگی‌های فیزیکی موانع صوتی و همچنین چگونگی استفاده بهینه از آن‌ها در عایق‌سازی یک فضا در مقابل صداهای هوابرد و کوبه‌ای ضروری است.

برای جلوگیری از نفوذ نوفه و تأمین آسایش صوتی فضای مورد نظر در ساختمان باید از جداکننده‌هایی استفاده شود که میزان صدابندی کافی داشته باشد. بدین منظور رعایت ضوابط تعیین‌شده برای حداقل صدابندی هوابرد و کوبه‌ای جداکننده‌ها در فضاهای آموزشی براساس بندهای ۳-۴-۲-۱۸ و ۴-۴-۲-۱۸ آیین‌نامه و برای فضاهای مسکونی-اداری بر اساس بندهای ۲-۲-۲-۱۸، ۳-۲-۲-۱۸، ۳-۶-۲-۱۸ و ۴-۶-۲-۱۸ آیین‌نامه، الزامی است.

برای انتخاب صحیح جداکننده‌ها ضروری است طراح علاوه بر ضوابط آکوستیکی مقادیر صدابندی جداکننده‌ها مانند دیوار، در و پنجره در برابر صدای هوابرد و صدابندی سقف در برابر صدای کوبه‌ای را نیز در اختیار داشته باشد. در پیوست ۳ مقادیر صدابندی هوابرد جداکننده‌ها شامل انواع گوناگونی از دیوارها، درها، پنجره‌ها و شیشه‌ها و در پیوست ۴ مقادیر صدابندی کوبه‌ای انواع مختلفی از کف-سقف‌ها ارائه شده است.

به‌عنوان مثال برای جداکننده بین کلاس‌های درس یا بین دو واحد مسکونی می‌توان از دیوار ساخته شده با بلوک‌های بتن سبک ۲۵ سانتی‌متری دوطرف اندود، دیوار آجری ۲۲ سانتی‌متری دوطرف اندود یا دیوار با ساخت و ساز خشک با وادار ۱۰ سانتی‌متری با دولایه تخته‌گچی در هر طرف استفاده نمود. در مورد نمای ساختمان دیوار آجر سفال ۱۵ سانتی‌متری دوطرف اندود، دیوار بتنی ۱۵ سانتی‌متری، سیستم‌های 3D و ICF توصیه می‌شود. پنجره‌های به‌کار رفته در نما باید با شیشه دوجداره و کاملاً درزبندی‌شده باشند. در مورد صدابندی کوبه‌ای، استفاده از کف شناور بر روی سقف بین طبقات می‌تواند الزامات مربوط را فراهم آورد.



پ-۳-۶ زمان واخنش بهینه

شرایط آکوستیکی مناسب در یک فضا به تراز نوفه زمینه و زمان واخنش آن فضا بستگی دارد. نوفه و واخنش فضای مورد نظر باید حد و حدودی خاص داشته باشد تا عملکرد آکوستیکی مطلوب حاصل شود. مهار کردن نوفه و تأمین واخنش مناسب برای آن است که وضوح کافی گفتار فراهم گردد. ضوابط مربوط به حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی ساختمان‌های آموزشی در جدول ۲-۴-۲-۱۸ و در فضاهای داخلی یک مجموعه مسکونی-اداری، در بند ۲-۲-۲-۱۸ و جدول ۲-۶-۲-۱۸ ارائه شده است که به‌منظور دستیابی به این اعداد و تأمین شرایط شنیداری مناسب و مطلوب، می‌توان از مصالح گوناگونی که ضریب جذب صدای برخی از آنها در پیوست ۲ ارائه شده است، استفاده کرد. به‌عنوان مثال برای بهینه کردن وضعیت آکوستیک داخلی استفاده از سقف کاذب با آکوستیک تایل و یا دیگر جذب‌کننده‌ها توصیه می‌شود.



واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

Sound transmission loss (TL)	افت تراگسیل صدا
Frequency response	پاسخ بسامدی
Sound level meter	ترازسنج صدا
Equivalent continuous sound pressure level (L_{eq})	تراز صدای معادل
A-weighted equivalent sound pressure level (L_{AeqT})	تراز صدای معادل وزن یافته A
Sound intensity level (L_I)	تراز شدت صدا
Sound pressure level (L_p)	تراز فشار صدا
A-weighted sound pressure level (L_{pA})	تراز فشار صدای وزن یافته A
Normalized impact sound pressure level (L_n)	تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده
Weighted normalized impact sound pressure level (L_{nw})	تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته
Transmission	تراگسیل (انتقال)
Airborne sound transmission	تراگسیل صدای هوابرد
Impact sound transmission	تراگسیل صدای کوبه‌ای
Simple Partition	جداکننده ساده
Multiple Partition	جداکننده مرکب
Sound Transmission Class (STC)	درجه تراگسیل صدا
Impact Insulation Class (IIC)	درجه صدابندی کوبه‌ای
Reverberation time (T)	زمان واخنش
Sound transmission index (STI)	شاخص تراگسیل گفتار
Sound reduction index (R)	شاخص کاهش صدا
Weighted sound reduction index (R_w)	شاخص کاهش صدای وزن یافته
A-weighting network	شبکه وزنی A
Sound	صدا
Sound insulation	صدابندی
Airborne sound	صدای هوابرد
Impact sound	صدای کوبه‌ای
Sound transmission coefficient	ضریب تراگسیل صدا
Sound absorption coefficient (α)	ضریب جذب صدا



Weighted sound absorption coefficient (α_w)	ضریب جذب صدای وزن یافته
Elastic medium	فراگیر کشسان
Frequency range	گستره بسامدی
Preferred Noise Criteria (PNC)	نمودارهای برسنج ترجیحی نوفه
Noise	نوفه
Background noise	نوفه زمینه



فهرست استانداردهای قابل استفاده

- ۱- استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۸۴، "آکوستیک، جذب‌کننده‌های صدا برای استفاده در ساختمان، درجه‌بندی جذب صدا"
- ۲- استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۸-۳، "آکوستیک، اندازه‌گیری صدابندی در ساختمان‌ها و اجزای ساختمانی، قسمت سوم: اندازه‌گیری آزمایشگاهی صدابندی هوابرد اجزای ساختمانی"
- ۳- استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۸-۴، "آکوستیک، اندازه‌گیری صدابندی در ساختمان‌ها و اجزای ساختمانی، قسمت چهارم: اندازه‌گیری میدانی صدابندی هوابرد بین دو اتاق"
- ۴- استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۸-۵، "آکوستیک، اندازه‌گیری صدابندی در ساختمان‌ها و اجزای ساختمانی، قسمت پنجم: اندازه‌گیری میدانی صدابندی هوابرد نما و اجزای آن"
- ۵- استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۸-۶، "آکوستیک، اندازه‌گیری صدابندی در ساختمان‌ها و اجزای ساختمانی، قسمت ششم: اندازه‌گیری آزمایشگاهی صدابندی کوبه‌ای سقف‌ها"
- ۶- استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۸-۷، "آکوستیک، اندازه‌گیری صدابندی در ساختمان‌ها و اجزای ساختمانی، قسمت هفتم: اندازه‌گیری میدانی صدابندی کوبه‌ای سقف‌ها"
- ۷- استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۶۸-۸، "آکوستیک، اندازه‌گیری صدابندی در ساختمان‌ها و اجزای ساختمانی، قسمت هشتم: اندازه‌گیری آزمایشگاهی کاهش تراکسیل نوفه کوبه‌ای از پوشش‌های کف، بر روی کف سنگین استاندارد"
- ۸- استاندارد ملی ایران شماره ۸۸۳۴-۱، "آکوستیک، درجه‌بندی صدابندی در ساختمان‌ها و اجزای ساختمانی، قسمت اول: صدابندی هوابرد"



۹- استاندارد ملی ایران شماره ۸۸۳۴-۲، ”آکوستیک، درجه‌بندی صدابندی در ساختمان‌ها و اجزای ساختمانی، قسمت دوم: صدابندی کوبه‌ای“

۱۰- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۹۴۵، ”آکوستیک، اندازه‌گیری جذب صدا در اتاق واخنش“

۱۱- استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۱۹-۲، ”آکوستیک، اندازه‌گیری پارامترهای آکوستیکی اتاق، قسمت دوم: زمان واخنش در اتاق‌های عادی“

12- EN ISO 140-3:1998, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurement of airborne sound insulation of building elements.

13- ISO 140-4:1998, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms.

14- ISO 140-5:1998, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurement of airborne sound insulation of facade elements and facades.

15- ISO 140-6:1998, Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floors.

16- ISO 140-7:1998, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors.

17- ISO 140-8:1997, Acoustics- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements- Part 8: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor.



- 18- ISO 354:2003, Acoustics- Measurement of sound absorption in a reverbration room.
- 19- ISO 717-1:2013, Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation.
- 20- ISO 717-2:2013, Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 2: Impact sound insulation.
- 21- ISO 3382-2:2008, Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms.
- 22- ISO 11654:1997, Acoustics – Sound absorbers for use in buildings – Rating of sound absorption.
- 23- IEC 60268-16: 2011, Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index.



