



وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت امور مسکن و ساختمان

مقررات ملی ساختمان ایران

مبحث هجدهم

عایق‌بندی و تنظیم صدا

(بخش ساختمان‌های فولادی)

۱۳۸۸

دفتر امور مقررات ملی ساختمان

پیش‌گفتار

مقررات ملی ساختمان ایران، به عنوان فراگیرترین ضوابط موجود در عرصه ساختمان، بی‌تردید نقش مؤثری در نیل به اهداف عالی تأمین ایمنی، بهداشت، سلامت و صرفه اقتصادی فرد و جامعه دارد و رعایت آن ضمن تأمین اهداف مذکور موجب ارتقای کیفیت و افزایش عمر مفید ساختمان‌ها می‌گردد. براساس این اهمیت، تدوین مقررات ملی ساختمان که به‌عنوان نقطه عطفی در تاریخ مهندسی ساختمان کشور محسوب می‌شود بیش از دو دهه است که توسط وزارت مسکن و شهرسازی آغاز و با مشارکت جامعه مهندسی کشور و در قالب شورای تدوین مقررات ملی ساختمان و کمیته‌های تخصصی مباحث، سازماندهی و بی‌وقفه سیر تکامل خود را طی نموده است. در این مسیر ضمن تکمیل و تجدیدنظر مباحث از پیش تعریف شده و مطابقت آنها با مقتضیات شرایط کشور از حیث اقتصادی، فنی، فرهنگی و اجتماعی، تدوین مباحث جدیدی هم در دستور کار قرار گرفته است که پس از تدوین نهایی و طی مراحل تصویب در اختیار جامعه مهندسی قرار خواهد گرفت.

در حال حاضر مدارک فنی متعددی نظیر مقررات ملی ساختمان، آیین‌نامه‌ها، استانداردها و مشخصات فنی در کشور منتشر می‌شود و استفاده‌کنندگان لازم است به تفاوت‌های آنها از نظر هدف از تهیه هر مدرک، لازم‌الاجرا بودن، قلمرو، حدود تفصیل، محتوا و سایر ویژگی‌های خاص هر مدرک توجه داشته باشند که در مورد مقررات ملی ساختمان می‌توان ویژگی‌های زیر را برشمرد:

- «مقررات ملی ساختمان» در سراسر کشور لازم‌الاجرا است.
- احکام «مقررات ملی ساختمان» به‌طور خلاصه و اجمالی تدوین می‌شود.
- با توجه به الزامی بودن «مقررات ملی ساختمان» این مقررات فاقد موارد توصیه‌ای و راهنمایی است.
- «مقررات ملی ساختمان» بر هرگونه عملیات ساختمان نظیر تخریب، احداث بنا، تغییر کاربری، توسعه بنا، تعمیر اساسی و نظایر آن حاکم است.

مقررات تدوین شده به خودی خود متضمن کیفیت ساختمان‌ها نیستند بلکه در کنار تدوین مقررات مذکور توجه به امر ترویج و آموزش آن در میان جامعه مهندسی کشور به‌طور خاص و دانشجویان، دانش‌آموزان و آحاد مردم به‌طور عام از یک سو و ایجاد نظامی کارآمد برای اعمال و کنترل این مقررات و تنظیم روابط دخیل در امر ساخت و ساز، مسئولیت‌ها، شرح وظایف و مراحل قانونی اقدامات احداث، توسعه بنا، تغییر کاربری و سایر موارد مربوط به ساختمان از طرف دیگر، باید همواره به‌عنوان راهکارها و ضمانت‌های اجرایی این مقررات مد نظر سیاست‌گزاران، مجریان و دست‌اندرکاران ساخت و ساز قرار گیرد.

با تصویب قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان و در اجرای مفاد آن به‌ویژه مواد ۳۳ و ۳۴ قانون مذکور، وضع مقررات ملی ساختمان و الزام به‌رعایت آنها در طراحی، محاسبه، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری ساختمان‌ها به‌منظور اطمینان از ایمنی، بهداشت، بهره‌دهی مناسب، آسایش و صرفه اقتصادی، این اطمینان را در میان مهندسان و صاحبان حرفه‌های ساختمانی به‌وجود می‌آورد که با پشت‌گرمی، به‌ایفای وظیفه‌ای که در توسعه و آبادانی کشور دارند مبادرت ورزند و از این رهگذر، سهم خود را در تحقق آرمان‌های والای انقلاب عینیت بخشند.

فرصت را مغتنم شمرده از اعضای محترم شورای تدوین مقررات ملی ساختمان و کمیته‌های تخصصی و سایر کسانی که به‌نحوی در تدوین، ترویج و کنترل اعمال مقررات ملی ساختمان در کشور کوشش می‌نمایند سپاسگزاری نموده و از اساتید، صاحب نظران، مهندسان و کلیه دست‌اندرکاران ساخت و ساز انتظار دارد با نظرات و پیشنهادات خود این دفتر را در غنای هرچه بیشتر مقررات مذکور یاری رسانند.

غلامرضا هوائی
مدیر کل امور مقررات ملی ساختمان

هیأت تهیه‌کننده مقررات عایق‌بندی و تنظیم صدا

الف) شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

- دکتر محمدتقی احمدی
 - دکتر عباسعلی تسنیمی
 - دکتر علی‌اکبر رضانیانپور
 - دکتر مرتضی زاهدی
 - دکتر محسن غفوری آشتیانی
 - مهندس محمد فائزی
 - دکتر مهدی قالیبافیان
 - دکتر بهروز گتمیری
 - دکتر محمود گلابچی
 - مهندس حشمت‌اله منصف
 - مهندس آلدیک موسسیان
 - دکتر سیدرسول میرقادری
 - مهندس نادر نجیمی
- عضو
عضو
عضو
عضو
عضو
رئیس
عضو
عضو
عضو
عضو
عضو
دبیر

ب) کمیته تخصصی مبحث هجدهم «عایق‌بندی و تنظیم صدا در ساختمان»

- دکتر حمید باقری
 - دکتر غلامعلی لیاقتی
 - دکتر خسرو مولانا
 - دکتر پروین نصیری
 - مهندس محمدجعفر هدایتی
 - مهندس مینا مکانیک
- عضو
عضو
رئیس
عضو
عضو
دبیر

پ) گروه کار وزارت مسکن و شهرسازی

- دکتر غلامرضا گل‌محمدی
- مهندس سیدابراهیم بنی‌مهد

پ) تهیه‌کننده متن اولیه: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳	۱۸-۱-۲ حدود و نحوه کاربرد
۳	۱۸-۱ کلیات
۳	۱۸-۱-۱ هدف
۴	۱۸-۱-۳ تعاریف
۱۵	۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمانها
۱۵	۱۸-۲-۱ مقررات عمومی
۱۵	۱۸-۲-۲ ساختمانهای مسکونی
۱۷	۱۸-۲-۳ هتل ها
۱۸	۱۸-۲-۴ ساختمانهای آموزشی
۱۹	۱۸-۲-۵ بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی
۲۱	۱۸-۲-۶ ساختمانهای اداری و تجاری
۲۲	۱۸-۲-۷ سالنهای سخنرانی و کتابخانه ها
	۱۸-۲-۸ حداکثر تراز صدای کوبه ای تراگیسیل شده
۲۳	از سقف میان طبقات در ساختمانها
۲۴	پیوستها
۲۵	پیوست ۱- روش تعیین شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب
۳۰	پیوست ۲ : مقادیر صدابندی جداکنندهها در ساختمان
۳۰	۲-۱ مقادیر صدابندی دیوارها
۳۳	۲-۲ درها
۳۴	۲-۳ پنجرهها
۳۵	۲-۴ سقفها

مبحث هجدهم
عایق‌بندی و تنظیم صدا

۱-۱۸ کلیات

۱-۱-۱۸ هدف

هدف از تدوین این مقررات به حداقل رساندن نوفه (صدای ناخواسته) در ساختمانها است تا ضمن تأمین سلامت و آسایش ساکنان، شرایط مناسب شنیداری نیز فراهم گردد.

۲-۱-۱۸ حدود و نحوه کاربرد

الف) رعایت این مقررات در مورد فضاهای ساختمانی عنوان شده در بند ۱-۱-۲-۱۸ که بعد از تاریخ تصویب این مقررات احداث می گردند، الزامی است بناهای مسکونی ملزم به رعایت این بند نمی باشند.

ب) فضاهای ساختمانی موجود و عنوان شده در بند ۱-۱-۲-۱۸، باید ظرف مدت ۵ سال بعد از تصویب این مقررات با بند ۲-۱۸ آن منطبق گردند بناهای مسکونی ملزم به رعایت این بند نمی باشند.

ج) رعایت این مقررات در مورد کلیه مجموعه های مسکونی با بیش از هشت واحد و یا بیشتر از چهار طبقه مسکونی که بعد از تاریخ تصویب این مقررات احداث می گردند، الزامی است.

۱-۲-۱-۱۸ تراز نوفه و واخنش در کلیه موارد این مقررات مربوط به شرایط تحویل فضاها می باشد. در مورد لابی هتل ها، تراز نوفه در شرایط بهره برداری نیز عنوان شده است.

۲-۲-۱-۱۸ روش اندازه گیری مربوط به تراز نوفه، زمان واخنش و شاخص کاهش صدای وزن یافته جدارها، باید بر اساس استانداردها و آئین نامه های معتبر داخلی یا بین المللی نظیر ISO انجام شود.

۳-۱-۱۸ تعاریف

۱-۳-۱-۱۸ نوفه :

نوفه به هرگونه صدای ناخواسته گفته می‌شود

۲-۳-۱-۱۸ امواج صوتی هوابرد :

امواج صوتی هوابرد به امواج صوتی گفته می‌شود که محیط انتشار آن هواست.

۳-۳-۱-۱۸ نوفه زمینه :

نوفه زمینه به نوفه موجود در فضای موردنظر اطلاق می‌گردد. منشاء آن می‌تواند خارجی، مانند نوفه وسایل ترابری یا داخلی مانند صدای ناشی از تأسیسات و یا همه‌افراد باشد.

۴-۳-۱-۱۸ تراگسیل :

تراکسیل به پدیده‌ای گفته می‌شود که فرآیند انتقال انرژی در یک محیط یا از درون یک جداکننده را مشخص می‌کند.

۵-۳-۱-۱۸ تراگسیل هوابرد :

هرگاه جداکننده‌ای به وسیله امواج صوتی هوابرد به ارتعاش درآید، نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای موردنظر را تراگسیل هوابرد گویند.

۶-۳-۱-۱۸ تراگسیل پیکری :

هرگاه جداکننده‌ای به وسیله یک جسم مرتعش به ارتعاش درآید نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای موردنظر را تراگسیل پیکری گویند.

۷-۳-۱-۱۸ بسامد :

بسامد به تعداد نوسانات چرخه‌ای و تکرارپذیر یک موج در ثانیه گفته می‌شود واحد تعداد چرخه‌ها در ثانیه هرتز نامیده می‌شود.

۱۸-۳-۱ ضریب تراگسیل یک جداکننده :

ضریب تراگسیل یک جداکننده بر اساس رابطه (۱-۱-۱۸) تعریف می‌گردد :

$$\tau = \frac{I_t}{I_i} \quad (1-1-18)$$

که در آن:

τ = ضریب تراگسیل جداکننده

I_t = شدت موج صوتی فرود آمده به یک طرف جداکننده به وات بر مترمربع .

I_i = شدت موج صوتی تراگسیل یافته از طرف دیگر جداکننده به وات بر مترمربع.

۱۸-۳-۲ ضریب جذب یک جداکننده :

ضریب جذب یک جداکننده توسط رابطه (۲-۱-۱۸) تعریف می‌گردد.

$$a = \frac{I_a}{I_i} \quad (2-1-18)$$

که در آن :

a = ضریب جذب جداکننده

I_i = شدت موج صوتی فرود آمده به یک طرف جداکننده به وات بر مترمربع .

I_a = شدت موج صوتی جذب شده توسط جداکننده به وات بر مترمربع.

۱۸-۳-۱۰ دسی بل

دسی بل مقیاسی است نسبی و لگاریتمی که در مورد صدا، بر اساس یکی از دو رابطه (۱۸-۳-۱)

(۳-۱) مشخص می‌گردد و به dB نمایش داده می‌شود.

$$dB = 10 \cdot \log \frac{I_1}{I_2} \quad \text{یا} \quad dB = 20 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \quad (3-1-18)$$

که در آن :

I_1 = شدت صدا در نقطه ۱، به وات به مترمربع.

I_2 = شدت صدا در نقطه ۲، به وات به مترمربع.

P_1 = فشار مؤثر صدا در نقطه ۱، به نیوتن به مترمربع (پاسکال)

P_r = فشار مؤثر صدا در نقطه ۲، به نیوتن به مترمربع (پاسکال)
 Log = لگاریتم به پایه ده نسبت موردنظر.

۱۱-۳-۱-۱۸ تراز صدا :

تراز صدا بر حسب دسی بل بر اساس یکی از دو رابطه (۴-۱-۱۸) مشخص می گردد که مقدار آنها در عمل با یکدیگر برابرند.

$$L_I = 10 \cdot \text{Log} \frac{I}{I_0} \quad \text{یا} \quad L_P = 20 \cdot \text{Log} \frac{P}{P_0} \quad (4-1-18)$$

که در آن :

L_I = تراز شدت صدا، به مقیاس dB

L_P = تراز فشار صدا، به مقیاس dB

I_0 = شدت صدای مبنا (وات به مترمربع 10^{-12})

P_0 = فشار مؤثر صدای مبنا (نیوتن به مترمربع 2×10^{-5})

I = شدت صدای موردنظر، به وات به مترمربع

P = فشار مؤثر صدای موردنظر ، به نیوتن به مترمربع (پاسکال)

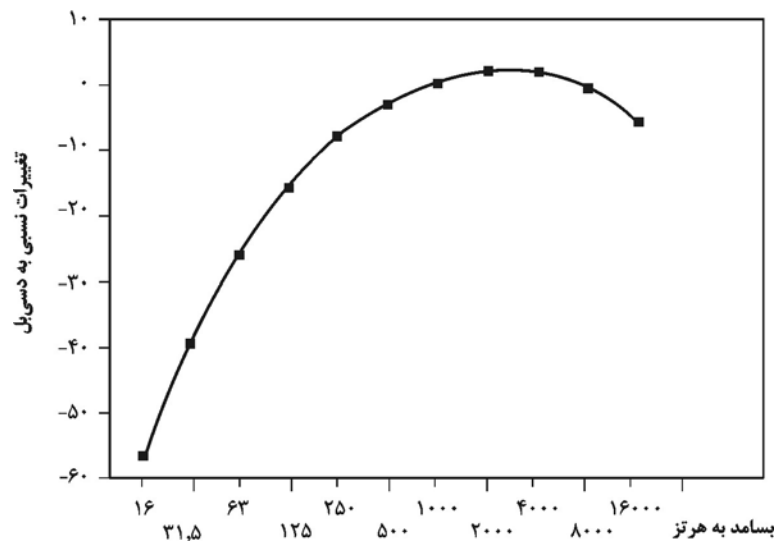
Log = لگاریتم به پایه ده نسبت موردنظر

۱۱-۳-۱-۱۸ نمودار استاندارد A :

نمودار استاندارد A نموداریست که عملکرد موردنیاز یک مدار الکترونیکی را تعریف می کند. هدف از این عملکرد ، که بر اساس تجربه بدست آمده، این است که مدار مذکور بتواند واکنش شنوایی انسان را با سهولت و دقت کافی در صدا سنجی تقلید کند. نمودار مذکور بر اساس مقادیر تغییرات نسبی مدار بر حسب بسامد در جدول ۱-۱-۱۸ مندرج و در شکل ۱-۱-۱۸ رسم گردیده است. بینایی (طیفی) که بصورت شکل این نمودار تغییر، یا به اصطلاح «وزن» داده شود، با پسوند A مشخص می گردد.

جدول ۱۸-۱-۱ مقادیر تغییرات نسبی مدار A

۱۶۰۰۰	۸۰۰۰	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵	۶۳	۳۱/۵	۱۶	بسامد بندهای یک هنگامی به هرتز
-۶/۶	۱/۱	۱	۲/۱	۰	-۳/۲	-۸/۶	-۱۶/۱	-۲۶/۲	-۳۹/۴	-۵۶/۷	تغییرات نسبی مدار A به دسی بل



شکل ۱۸-۱-۱ نمودار تغییرات نسبی مدار A در بسامدهای مختلف

۱۸-۳-۱۳ تراز فشار صدای وزن یافته (L_{PA})

تراز فشار صدای وزن یافته A، که بر حسب dB است، بر اساس رابطه (۱۸-۱-۵) مشخص می‌گردد.

$$L_{PA} = 20 \cdot \log \left(\frac{P_A}{P_0} \right) \quad (۱۸-۱-۵)$$

که در آن :

P_A = فشار مؤثر صدای وزن یافته بر اساس نمودار استاندارد A به نیوتن برمترمربع (پاسکال)

P_0 = فشار مؤثر صدای مبنا که مقدار آن برابر است با ۵-۱۰ * ۲ نیوتن برمترمربع (پاسکال)

۱۸-۳-۱۴ تراز معادل صدای وزن یافته (L_{AeqT}) :

تراز معادل صدای وزن یافته با نمودار استاندارد A، که اصطلاحاً " L_{eq} " گفته می‌شود، عبارت است از مقدار تراز فشار صدای ممتد، پایدار و وزن یافته با نمودار A، که در یک مدت زمان معین T دارای همان فشار صدای مؤثر است که هر صدای موردنظر با تراز متغیر دارد. این تراز معادل طبق رابطه (۱۸-۱-۶) مشخص می‌گردد و بر حسب dB است.

$$L_{AeqT} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] \quad (۱۸-۱-۶)$$

که در آن :

$P_A(t)$ = فشار صدای لحظه ای وزن یافته با نمودار استاندارد A

P_0 = فشار مؤثر صدای مبنا که مقدار آن برابر است با ۵-۱۰ * ۲ نیوتن بر مترمربع (پاسکال)
T = مدت زمان اندازه گیری تراز صدا است که در این مقررات ۳۰ دقیقه قید شده است.

۱۸-۳-۱۵ بسامد مرکزی استاندارد شده بندهای یک هنگامی :

بسامد مرکزی بندهای یک هنگامی که در این مقررات مورد استفاده قرار می‌گیرد بشرح زیر است .

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

۱۸-۳-۱۶ بسامد مرکزی استاندارد شده بندهای یک سوم هنگامی :

بسامد مرکزی بندهای یک سوم هنگامی که در این مقررات مورد استفاده قرار می‌گیرد بشرح زیر است .

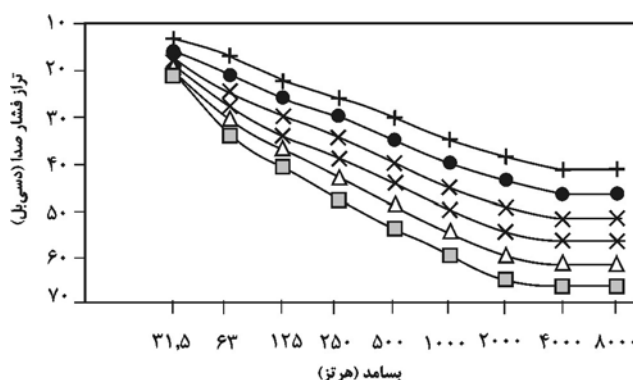
۵۰۰ ۴۰۰ ۳۱۵ ۲۵۰ ۲۰۰ ۱۶۰ ۱۲۵ ۱۰۰ هرتز
۳۱۵۰ ۲۵۰۰ ۲۰۰۰ ۱۶۰۰ ۱۲۵۰ ۱۰۰۰ ۸۰۰ ۶۳۰

۱۸-۳-۱۷ نمودارهای برسنج ترجیحی نوفه (PNC):

نمودارهای PNC برای رده بندی بیناب (طیف) نوفه به منظور تأمین و ارزیابی وضوح گفتار استفاده می شوند. این نمودارها بر اساس مقادیر تراز فشار صدا در بسامد مرکزی بندهای یک هنگامی در جدول ۱۸-۲ مندرج و تعدادی از آنها که در این مقررات استفاده شده در شکل ۱۸-۲ رسم شده اند.

جدول ۱۸-۲ مقادیر تراز فشار صدا در بندهای یک هنگامی نمودارهای PNC

شماره نمودارهای PNC	ترازهای فشار صدا در بند یک هنگامی (dB)								
	بسامد مرکزی بندهای یک هنگامی (Hz)								
	۳۱/۵	۶۳	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰
PNC-۱۵	۵۸	۴۳	۳۵	۲۸	۲۱	۱۵	۱۰	۸	۸
PNC-۲۰	۵۹	۴۶	۳۹	۳۲	۲۶	۲۰	۱۵	۱۳	۱۳
PNC-۲۵	۶۰	۴۹	۴۳	۳۷	۳۱	۲۵	۲۰	۱۸	۱۸
PNC-۳۰	۶۱	۵۲	۴۶	۴۱	۳۵	۳۰	۲۵	۲۳	۲۳
PNC-۳۵	۶۲	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۸	۲۸
PNC-۴۰	۶۴	۵۹	۵۴	۵۰	۴۵	۴۰	۳۶	۳۳	۳۳
PNC-۴۵	۶۷	۶۳	۵۸	۵۴	۵۰	۴۵	۴۱	۳۸	۳۸
PNC-۵۰	۷۰	۶۶	۶۲	۵۸	۵۴	۵۰	۴۶	۴۳	۴۳
PNC-۵۵	۷۳	۷۰	۶۶	۶۲	۵۹	۵۵	۵۱	۴۸	۴۸
PNC-۶۰	۷۶	۷۳	۶۹	۶۶	۶۳	۵۹	۵۶	۵۳	۵۳
PNC-۶۵	۷۹	۷۶	۷۳	۷۰	۶۷	۶۴	۶۱	۵۸	۵۸



شکل ۱۸-۲ نمودارهای PNC

۱۸-۳-۱-۱۸ شاخص کاهش صدا (R):

شاخص کاهش صدای یک جداکننده که افت تراگسیل نیز نامیده می شود، طبق رابطه (۷-۱-۱۸) تعریف می گردد.

$$R = 10 \cdot \log \left(\frac{W_1}{W_2} \right) = 10 \cdot \log \frac{1}{\tau} \quad (7-1-18) \quad \text{یا} \quad TL$$

که در آن :

W_1 = توان صوتی فرود آمده به نمونه مورد آزمایش ، به وات

W_2 = توان صوتی تراگسیل شده از نمونه مورد آزمایش، به وات

R یا TL = شاخص کاهش صدا یا افت تراگسیل ، به دسی بل

τ = ضریب تراگسیل جداکننده

در آزمایشگاه صدابندی شاخص کاهش صدا از رابطه (۸-۱-۱۸) بدست می آید :

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \left(\frac{6.15TS}{V} \right) = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \left(\frac{S}{A} \right) \quad (8-1-18) \quad \text{یا} \quad TL$$

که در آن :

L_1 = تراز صدا در اتاق منبع به دسی بل

L_2 = تراز صدا در اتاق دریافت به دسی بل

T = زمان واخنش اتاق دریافت به ثانیه

S = سطح جدار مورد آزمایش به مترمربع

V = حجم اتاق دریافت به مترمکعب

A = سطح معادل جذب کننده های صدا در اتاق دریافت

۱۹-۳-۱-۱۸ زمان واخنش:

زمان واخنش که طبق یکی از دو رابطه (۹-۱-۱۸) محاسبه می گردد عبارتست از مدت زمانی که پس از قطع منبع صدا، تراز فشار صدا ۶۰ دسی بل افت کند.

$$T = \frac{0.163V}{A} \quad (\text{رابطه تقریبی}) \quad \text{یا} \quad T = \frac{0.163V}{4mV - SL_n(1-a)} \quad (9-1-18) \quad (\text{رابطه دقیق})$$

که در آن :

T = زمان واخنش اتاق، به ثانیه

S = مجموعه سطوح اتاق، به مترمربع

V = حجم اتاق، به مترمکعب

A = سطح معادل جذب کننده های صدا، به مترمربع

m = جذب طولی هوا، به متر به توان منفی یک

$\bar{a}$ = ضریب جذب میانگین اتاق

L_n = لگاریتم در پایه e

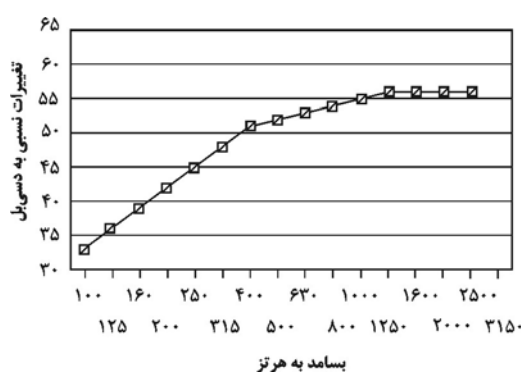
۲۰-۳-۱-۱۸ شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) :

شاخص کاهش صدای وزن یافته یا عبارتی دیگر، گروه یا درجه تراگیسل (STC) کمیتی است تک عددی به دسی بل برای درجه بندی نمودار افت تراگیسل جداکننده ها در بسامد ۵۰۰ هرتز، که بر اساس نمودار مبنا در جدول ۳-۱-۱۸ مندرج و در شکل ۳-۱-۱۸ رسم گردیده است.

جدول ۳-۱-۱۸ مقادیر مبنا برای

درجه بندی کردن افت تراگیسل جداره

مقادیر مبنا به (dB)	بسامد مرکزی یک سوم هنگامی (Hz)
۳۳	۱۰۰
۳۶	۱۲۵
۳۹	۱۶۰
۴۲	۲۰۰
۴۵	۲۵۰
۴۸	۳۱۵
۵۱	۴۰۰
۵۲	۵۰۰
۵۳	۶۳۰
۵۴	۸۰۰
۵۵	۱۰۰۰
۵۶	۱۲۵۰
۵۶	۱۶۰۰
۵۶	۲۰۰۰
۵۶	۲۵۰۰
۵۶	۳۱۵۰



شکل ۳-۱-۱۸ نمودار مقادیر مبنا برای درجه بندی افت تراگیسل جداره

۱۸-۳-۲۱ تراز فشار صدای کوبه ای (Li):

تراز فشار صدای کوبه ای عبارتست از تراز میانگین فشار صدا در یک بند بسامدی مشخص در اتاق دریافت در شرایطی که طرف بالای سقف مورد آزمایش بوسیله دستگاه پاکوب به ارتعاش درآمده باشد. مقدار تراز فشار صدای کوبه ای طبق رابطه (۱۸-۱-۱۰) محاسبه می گردد.

$$L_i = 2 \cdot \text{Log} \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{np_0} \quad (18-1-10)$$

که در آن :

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ = فشار مؤثر صدا در n محل مختلف در اتاق دریافت، به نیوتن بر مترمربع.

P_0 = فشار مؤثر صدای مبنا برابر است با $10^{-5} \text{ نیوتن بر مترمربع (پاسکال)}$

۱۸-۳-۲۲ تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده (Ln) :

تراز صدای کوبه ای معمول شده به شاخصی گفته می شود که مقدار تراز فشار صدای کوبه ای اندازه گیری شده L_i را با توجه به شرایط آکوستیکی داخلی اتاق دریافت معمول می نماید. مقدار تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده طبق رابطه (۱۸-۱-۱۱) محاسبه می گردد.

$$L_n = L_i + 1 \cdot \text{Log} \left(\frac{A}{A_0} \right) = L_i - 1 \cdot \text{Log} \left(\frac{V}{V_0} \right) \quad (18-1-11)$$

که در آن :

L_n = تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده ، به دسی بل

L_i = تراز میانگین فشار صدای کوبه ای ، به دسی بل

A = سطح معادل جذب کننده ها در اتاق دریافت، به مترمربع

A_0 = سطح معادل جذب کننده مبنا برابر با ده مترمربع

V = حجم اتاق دریافت، به مترمکعب

T = زمان واخنش در اتاق دریافت، به ثانیه

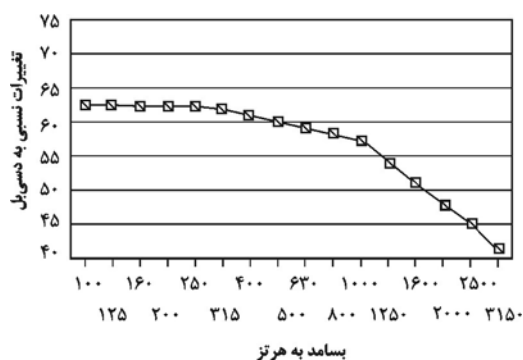
۱۸-۳-۲۳ تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته (Lnw) :

تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته کمیتی است تک عددی به دسی بل برای درجه بندی کردن نمودار تراز صدای کوبه ای معمول شده تراگسیل یافته از سقف در بسامد ۵۰ هرتز که براساس نمودار مبنا درجه بندی می شود. این نمودار مبنا در جدول (۱۸-۱-۴) مندرج و در شکل (۱۸-۱-۴) رسم گردیده است.

جدول ۱۸-۱-۴ مقادیر مبنا برای درجه بندی

کردن صدای کوبه ای تراگسیل شده از سقف

بسامد مرکزی یک سوم هنگامی (Hz)	مقادیر مبنا به (dB)
۱۰۰	۶۲
۱۲۵	۶۲
۱۶۰	۶۲
۲۰۰	۶۲
۲۵۰	۶۲
۳۱۵	۶۲
۴۰۰	۶۱
۵۰۰	۶۰
۶۳۰	۵۹
۸۰۰	۵۸
۱۰۰۰	۵۷
۱۲۵۰	۵۴
۱۶۰۰	۵۱
۲۰۰۰	۴۸
۲۵۰۰	۴۵
۳۱۵۰	۴۲



شکل ۱۸-۱-۳ نمودار مقادیر مبنا برای درجه بندی صدای کوبه ای تراگسیل شده از سقف

۱۸-۳-۲۴ لایه :

لایه به ساختاری گفته می شود که چکالی حجمی آن در جهات مختلف یکسان باشد. مانند اندود گچ، قیرگونی، دیوار آجری .

۱۸-۱-۳-۲۵ جداکننده ساده :

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

۱۸-۱-۳-۲۶ جداکننده مرکب :

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

۱۸-۱-۳-۲۷ شرایط بهره برداری یک فضا :

به شرایطی گفته می شود که کلیه اجزاء تأسیساتی و تجهیزاتی مثل سیستم تهویه و هوارسانی و مبلمان در حال بهره برداری بوده و افراد حاضر در آن فضا نیز مشغول فعالیت معمول خود باشند.

۱۸-۱-۳-۲۸ شرایط تحویل یک فضا :

به شرایطی گفته می شود که در آن کلیه تأسیسات غیرقابل حمل و وابسته به ساختمان فعال بوده، ولی اجزاء تأسیساتی و عوامل قابل حمل مانند تلفن، تلویزیون، جاروبرقی و همچنین افراد در آن فضا فعال نباشند.

۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمانها

۱۸-۲-۱ مقررات عمومی :

۱۸-۲-۱-۱ مقررات آکوستیکی در ساختمانهای مسکونی، هتل‌ها، مدارس، بیمارستان‌ها، ساختمانهای اداری و تجاری و سالن‌های کنفرانس و کتابخانه در بندهای ۱۸-۲-۲، ۱۸-۲-۳، ۱۸-۲-۴، ۱۸-۲-۵، ۱۸-۲-۶ و ۱۸-۲-۷ ارائه شده است.

۱۸-۲-۲-۱ مقادیر تعیین شده حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده‌ها در این ساختمانها، در مناطقی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تراز نوفه وزن یافته (LPA) آن منطقه مساوی یا کمتر از ۷۰ دسی بل است، چنانچه تراز نوفه بیش از این مقدار باشد مقادیر حداقل باید به همان میزان افزایش یابد.

۱۸-۲-۳-۱ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای جداکننده‌های ساده مثل دیوار، در و پنجره از طرف آزمایشگاههای آکوستیک کشور ارائه می‌گردد که تعدادی از آنها در پیوست ۲ ارائه شده است. در صورتیکه جداکننده موردنظر، مانند نمای یک ساختمان، مرکب باشد شاخص کاهش صدای وزن یافته این جداکننده مرکب با توجه به شاخص‌های اجزاء تشکیل دهنده آن محاسبه می‌گردد. روش محاسبه در پیوست ۱ توضیح داده شده است.

۱۸-۲-۲ ساختمانهای مسکونی

۱۸-۲-۲-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در ساختمانهای مسکونی الزامی است.

۱۸-۲-۲-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هر واحد مسکونی (مانند آپارتمان) در جدول (۱۸-۲-۱) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۱ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هر واحد مسکونی

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه	
	به L_{PA} dB	به $L_{Aeq}(30)$ dB
اتاق خواب	۳۵	۳۰
اتاق‌های نشیمن	۴۰	۳۵
آشپزخانه	۵۰	۴۵

۱۸-۲-۲-۳ زمان واخنش

حداکثر میانگین زمان واخنش در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز برای راه پله و راهرو عمومی در ساختمانهای مسکونی ۱/۵ ثانیه تعیین شده است.

۱۸-۲-۲-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده ها در ساختمانهای مسکونی در جدول (۱۸-۲-۲) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۲ حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای

جداکننده ها در ساختمانهای مسکونی

عنوان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) به dB
جداکننده اتاق خواب از فضای بیرونی ساختمان	۴۵
جداکننده اتاق نشیمن از فضای بیرونی ساختمان	۴۰
جداکننده آشپزخانه از فضای بیرونی ساختمان	۳۵
جداکننده یا مجموعه جداکننده های موجود میان اتاق خواب و اتاق تلویزیون در یک واحد مسکونی	۴۰
جداکننده یا مجموعه جدارهای میان اتاق خواب و سایر فضاهای داخلی به غیر از اتاق تلویزیون در یک واحد مسکونی	۳۰
جداکننده دو واحد مجاور و مستقل	۵۰

۱۸-۲-۳ هتل‌ها

۱۸-۲-۳-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در هتل‌ها الزامی است.

۱۸-۲-۳-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هتل در جدول (۱۸-۲-۳) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۳ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هر هتل

حداکثر تراز نوفه زمینه		نوع فضا
به L_{PA} dB	به $L_{Aeq}(30)$ dB	
۳۵	۳۰	اتاق میهمان
۴۰	۳۵	سالن انتظار (لابی) هنگام تحویل
۵۵	۵۰	سالن انتظار (لابی) هنگام بهره‌برداری
۴۰	۳۵	راهروها

۱۸-۲-۳-۳ زمان واخنش

حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی هتل در جدول (۱۸-۲-۴) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۴ حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی هتل

نوع فضا	میانگین زمان واخنش به ثانیه در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ هرتز
اتاق میهمان	۰/۸
سالن انتظار (لابی)	۱
راهروها	۱/۲

۱۸-۲-۳-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای جدارها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده‌ها در هتل‌ها جدول (۱۸-۲-۵) ارائه شده است.

جدول ۵-۲-۱۸ حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها در هتل

عنوان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته dB به (R_w)
جداکننده اتاق میهمان از فضای بیرون ساختمان	۴۵
جداکننده میان دو اتاق میهمان	۵۰
جداکننده میان اتاق میهمان از راهرو	۳۵

۴-۲-۱۸ ساختمانهای آموزشی

۱-۴-۲-۱۸ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در ساختمانهای آموزشی الزامی است.

۲-۴-۲-۱۸ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هر واحد آموزشی در جدول (۶-۲-۱۸) ارائه شده است.

جدول ۶-۲-۱۸ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی ساختمانهای آموزشی

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه		
	dB به $L_{Aeq(30)}$	dB به L_{PA}	نمودار برسنج نوفه
کلاس درس نظری	۴۰	۳۵	PNC - ۳۵
آزمایشگاهها	۴۵	۴۰	PNC - ۴۰
کارگاهها	۵۰	۴۵	_____

تذکر : رعایت نمودار برسنج PNC-۳۵ و PNC - ۴۰ در این مورد اجباری است.

۳-۴-۲-۱۸ زمان واخنش

حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی ساختمانهای آموزشی در جدول (۷-۲-۱۸) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۷ حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی ساختمانهای آموزشی

نوع فضا	میانگین زمان واخنش به ثانیه در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ هرتز
کلاس درس نظری (در شرایط خالی)	۱
آزمایشگاهها	۱/۲
راهرو، راه پله، کارگاهها	۱/۵

۱۸-۲-۴-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده ها در ساختمانهای آموزشی در جدول (۱۸-۲-۸) ارائه شده است.

جدول (۱۸-۲-۸) حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده‌ها در ساختمانهای آموزشی

عنوان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) به dB
جداکننده کلاس درس نظری از فضای بیرونی ساختمان	۴۰
جداکننده کارگاه یا آزمایشگاه از فضای بیرونی ساختمان	۳۵
جداکننده میان دو کلاس درس نظری	۵۰
جداکننده کلاس درس نظری از راهرو	۳۵
جداکننده آزمایشگاه از راهرو	۳۰
جداکننده کارگاه از راهرو	۳۵

۱۸-۲-۵ بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی

۱۸-۲-۵-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در ساختمان بیمارستانها، مراکز بهداشتی و درمانی الزامی است.

۱۸-۲-۵-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی بیمارستان و مراکز بهداشتی و درمانی در جدول (۱۸-۲-۹) ارائه شده است.

جدول ۹-۲-۱۸ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی

حداکثر تراز نوفه زمینه		نوع فضا
به L_{PA} dB	به $L_{Aeq}(30)$ dB	
۳۵	۳۰	اتاقهای بخش بستری، مراقبت های ویژه، جراحی، اتاق زایمان

۳-۵-۲-۱۸ زمان واخنش

حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی در جدول (۱۰-۲-۱۸) ارائه شده است .

جدول ۱۰-۲-۱۸ حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی

نوع فضا	میانگین زمان واخنش به ثانیه در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ هرتز
اتاقهای بخش بستری، مراقبت های ویژه، جراحی، اتاق زایمان	۱/۲
راه پله - راهرو	۱/۵

۴-۵-۲-۱۸ شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده ها در بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی در جدول (۱۱-۲-۱۸) ارائه شده است.

جدول ۱۱-۲-۱۸ حداقل شاخص کاهش وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها در بیمارستانها و مراکز

بهداشتی و درمانی

عنوان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) به dB
جداکننده کلیه اتاقهای بخش بستری، مراقبت های ویژه، جراحی و زایمان از فضای بیرونی ساختمان	۴۵
جداکننده میان کلیه اتاقهای بخش بستری، مراقبت های ویژه، جراحی و زایمان	۵۰
جداکننده کلیه اتاقهای بخش بستری و زایمان از راهرو	۳۵
جداکننده کلیه اتاقهای مراقبت های ویژه و جراحی از راهرو	۴۰

۱۸-۲-۶ ساختمانهای اداری و تجاری

۱۸-۲-۶-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در ساختمان اداری و تجاری الزامی است.

۱۸-۲-۶-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی ساختمانهای اداری و تجاری در جدول (۱۸-۲-۱۲) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۱۲ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی ساختمانهای اداری و تجاری

حداکثر تراز نوفه زمینه		نوع فضا
به L_{PA} dB	به $L_{Aeq(30)}$ dB	
۴۵	۴۰	فضاهای اداری و مراکز کامپیوتری، سالن عمومی در کلیه بانکها

۱۸-۲-۶-۳ زمان واخنش

حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی ساختمانهای اداری و تجاری در جدول (۱۸-۲-۱۳) ارائه شده است.

جدول (۱۸-۲-۱۳) حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی ساختمانهای اداری و تجاری

نوع فضا	میانگین زمان واخنش به ثانیه در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ هرتز
اتاقهای اداری، مراکز کامپیوتری، سالن عمومی بانکها	۱/۲
راه پله - راهرو	۱/۵

۱۸-۲-۶-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده ها در ساختمانهای اداری و تجاری در جدول (۱۸-۲-۱۴) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۱۴ حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای جداکننده ها در ساختمانهای اداری و تجاری

عنوان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته dB به (R_w)
جداکننده های اتاقهای اداری، مراکز کامپیوتری سالن های عمومی بانک ها از فضای بیرونی ساختمان	۳۵
جداکننده میان اتاقها در ساختمانهای اداری و تجاری	۴۵
جداکننده اتاقها در ساختمانهای اداری و تجاری از راهرو	۳۰

۱۸-۲-۷ سالنهای سخنرانی و کتابخانه ها

۱۸-۲-۷-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در فضای سالنهای سخنرانی و کتابخانه ها الزامی می باشد.

۱۸-۲-۷-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی در کتابخانه و سالن سخنرانی در جدول (۱۸-۲-۱۵) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۱۵ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی کتابخانه و سالن سخنرانی

حداکثر تراز نوفه زمینه			نوع فضا
نمودار برسنج نوفه	dB به $L_{Aeq(30)}$	dB به L_{PA}	
PNC - ۳۵	۳۵	۴۰	سالنهای سخنرانی-کتابخانه ها

تذکر : رعایت نمودار برسنج PNC-۳۵ در این مورد اجباری است.

۱۸-۲-۷-۳ زمان واخنش

برای تعیین زمان واخنش بهینه در کتابخانه ها و سالن های سخنرانی، مقررات ویژه ای ارائه خواهد شد.

۱۷-۲-۷-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده های راهرو از فضای داخلی سالن سخنرانی ۴۰ دسی بل و برای کتابخانه ۳۰ دسی بل تعیین شده است. در ضمن برای تعیین افت صوتی بقیه جداکننده ها مقررات ویژه ای ارائه خواهد شد.

۱۸-۲-۸ حداکثر تراز صدای کوبه ای تراگسیل شده از سقف میان طبقات در ساختمانها

رعایت حداکثر تراز صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) به مقدار ۵۰ دسی بل در ساختمانهای مذکور در بند ۱۸-۲ الزامی است. مقادیر تراز صدای کوبه ای معمول شده از طرف آزمایشگاههای آکوستیک ارائه می گردد که تعدادی از آنها در پیوست ۲ ارائه شده است.

پیوست ها :

شامل :

پیوست ۱- روش تعیین شاخص کاهش صدای یک جداکننده
مرکب

پیوست ۲- مقادیر صدابندی جداکننده ها در ساختمان

پیوست ۱- روش تعیین شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب

۱-۱ روش محاسبه

برای محاسبه شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب از مقادیر شاخص کاهش صدای جداکننده های ساده تشکیل دهنده آن که از طرف آزمایشگاههای آکوستیک ارائه شده استفاده می گردد. 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 می کند ضریب تراگیسیل جداکننده ساده محاسبه می شود.

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

که در آن :

R = شاخص کاهش صدای جداکننده ، به دسی بل

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 می شود.

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

که در آن :

τ = ضریب تراگیسیل جداکننده مرکب

S_1 ، S_2 ، ... و S_n ، سطح هر یک از جداکننده های ساده تشکیل دهنده جداکننده مرکب ، به مترمربع.

با قرار دادن τ در رابطه (پ ۱-۳) شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب محاسبه می‌گردد.

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

که در آن :

τ = ضریب تراگسیل صدای جداکننده مرکب

R = شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب به دسی بل.

به عنوان مثال: جداکننده مرکبی به ابعاد $4/7 * 10$ متر، شامل دیوار بیست و دو سانتی آجری و یک در به ابعاد $2 * 1$ و پنجره ای به ابعاد $5 * 1$ متر است. در صورتی که شاخص کاهش صدای وزن یافته دیوار، در و پنجره به ترتیب ۵۰، ۱۵ و ۲۰ دسی بل باشد، شاخص کاهش صدای وزن یافته این جداکننده مرکب بصورت زیر محاسبه می شود :

حل :

پنجره	$S_1 = 5 * 1 = 5$	مترمربع	پنجره	$\tau_1 = 10^{-(0/1) \times 20}$
در	$S_2 = 1 * 2 = 2$	مترمربع	در	$\tau_1 = 10^{-(0/1) \times 15}$
	$S = 10 * 47 - (2+5) = 40$	مترمربع	دیوار	$\tau_1 = 10^{-(0/1) \times 50}$

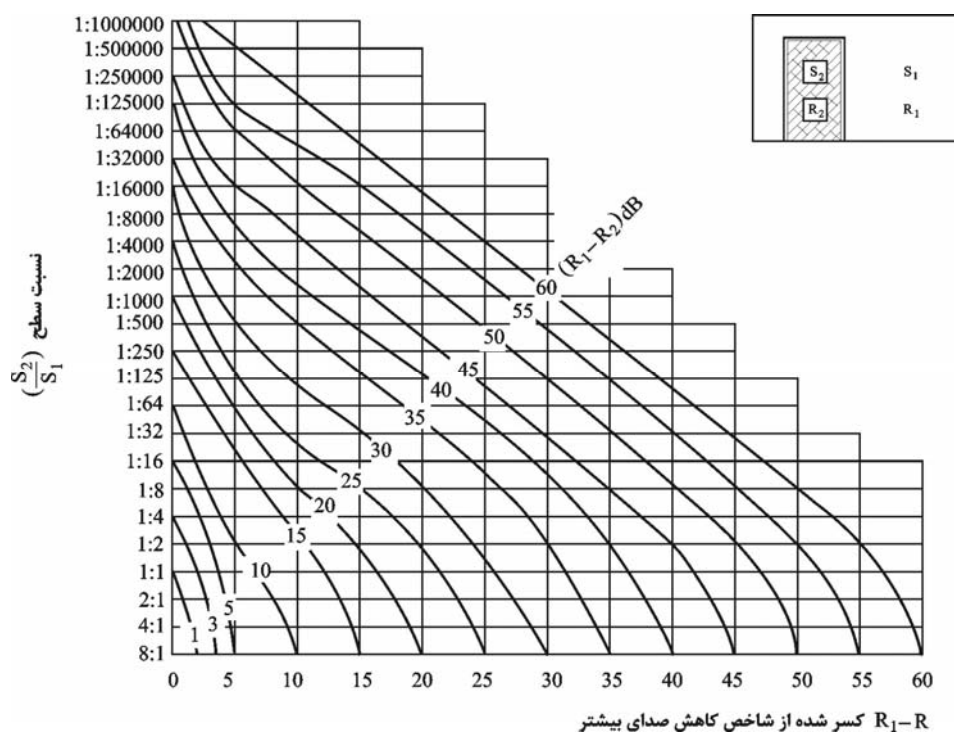
جداکننده

$$\tau = \frac{5 \times 10^{-(0/1) \times 20} + 2 \times 10^{-(0/1) \times 15} + 4 \times 10^{-(0/1) \times 50}}{47} = 2/42 \times 10^{-3}$$

$$R = 10 \cdot \log \frac{1}{2/42 \times 10^{-3}} = 26 \text{ dB}$$

۲-۱ 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 بدست آمده با ساختار بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرد.



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

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

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

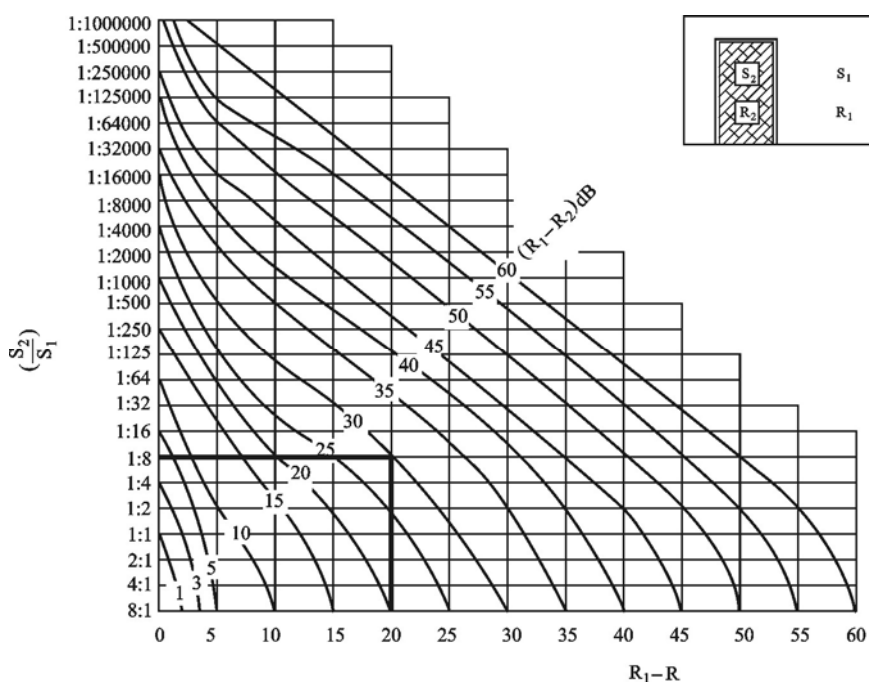
الف - اختلاف دو کاهش صدای دیوار و پنجره را بدست آورده ($R_1 - R_2 = 50 - 20 = 30$) و سپس منحنی ۳۰ از روی شکل مشخص می‌گردد.

ب - نسبت دو سطح تشکیل دهنده دیوار و پنجره را بدست آورده ($\frac{S_1}{S_2} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8}$)

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 بدست 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، به صورت زیر بدست می‌آید:

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

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



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

سپس به همین روش ساختار مرکب دیوار و پنجره بعنوان یک ساختار با ساختار در به عنوان ساختاری دیگر در نظر گرفته می‌شود.

$$\text{مترمربع} \quad S = 10 * 4/7 = 47 \quad \text{جداکننده}$$

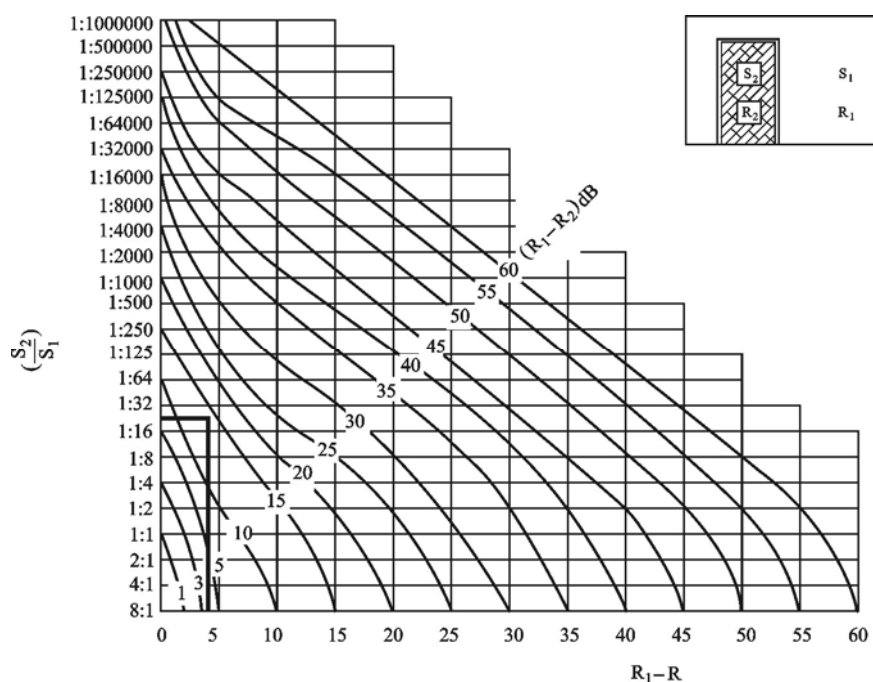
$$\text{مترمربع} \quad S_r = 2 * 1 = 2 \quad \text{در}$$

$$\text{مترمربع} \quad S_1 = 47 - (2) = 45 \quad \text{دیوار و پنجره}$$

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

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

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



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

در نتیجه مقدار جداکننده مرکب از روش تخمینی ۲۶ دسی بل و از روش محاسبه ۲۶ دسی بل بدست آمده است.

پیوست ۲: مقادیر صدابندی جداکننده‌ها در ساختمان

جهت انتخاب صحیح جداکننده‌ها در یک ساختمان ضروری است که طراح مقادیر صدابندی جداکننده‌ها مانند دیوار، در و پنجره در مقابل صدای هوابرد (شاخص کاهش صدای وزن یافته RW)، سقف در مقابل صدای کوبه ای (تراز صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته L_{nw}) را در اختیار داشته باشد. جداول ارائه شده در بندهای زیر می‌تواند طراح را در این جهت یاری دهند.

۱-۲ مقادیر صدابندی دیوارها

مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته تعدادی از دیوارهای یک جداره و دو جداره تهیه شده در آزمایشگاههای آکوستیک معتبر داخلی و خارجی به ترتیب در جدول پ ۲-۱ تا پ ۲-۴ ارائه شده است.

جدول پ ۱-۲ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته دیوارهای یک جداره

نوع دیوار	چگالی سطحی به کیلوگرم بر مترمربع	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل	نوع دیوار	چگالی سطحی به کیلوگرم بر مترمربع	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل
دیوار آجری فشاری ۱۲ سانتیمتری دورو اندود	۲۰۵ ۲۴۰ ۲۷۵	۴۴ ۴۶ ۴۸	دیوار آجر ماسه آهکی ۲۰ سانتیمتری دورو اندود	۳۴۵ ۴۰۰ ۴۵۵	۵۰ ۵۲ ۵۵
دیوار آجری فشاری ۱۵ سانتیمتری دورو اندود	۲۴۵ ۲۸۰ ۳۱۵	۴۷ ۴۹ ۵۱	دیوار بتنی ۱۲ سانتیمتری	۲۶۵ ۲۸۰ ۲۹۵	۴۷ ۴۹ ۵۲
دیوار آجری فشاری ۱۸ سانتیمتری دورو اندود	۲۹۰ ۳۲۵ ۳۶۰	۴۸ ۵۰ ۵۳	دیوار بتنی ۱۵ سانتیمتری	۳۳۰ ۳۵۰ ۳۷۰	۵۰ ۵۲ ۵۴
دیوار آجری فشاری ۲۵ سانتیمتری دورو اندود	۳۵۰ ۳۶۵ ۴۲۰	۴۹ ۵۱ ۵۴	دیوار بتنی ۱۸ سانتیمتری	۴۴۰ ۴۶۵ ۴۹۰	۵۳ ۵۶ ۵۹
دیوار آجر ماسه آهکی ۱۲ سانتیمتری دورو اندود	۲۵۰ ۲۸۵ ۳۲۰	۴۶ ۴۸ ۵۰	دیوار گچی: ۶ سانتیمتری ۸ سانتیمتری ۱۰ سانتیمتری	۶۲ ۸۳ ۱۰۶	۳۲ ۳۵ ۳۸
دیوار آجر ماسه آهکی ۱۲ سانتیمتری دورو اندود	۳۰۵ ۳۴۰ ۳۷۵	۴۸ ۵۰ ۵۳	تخته نئوپان: ۱ سانتیمتری ۲ سانتیمتری ۳ سانتیمتری ۴ سانتیمتری	۵/۵ ۱۱ ۱۶/۵ ۳۲	۱۸ ۲۲ ۲۵ ۲۸

جدول پ ۲-۲ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته دیوارهای دوجداره

نوع دیوار دو جداره	ضخامت دیوار به سانتیمتر	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل
جدار اول از صفحات گچی ۶ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ ۲ سانتیمتری جدار دوم از صفحات گچی ۵ سانتیمتری	۱۳	۴۰
جدار اول از صفحات گچی ۶ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ ۲ سانتیمتری جدار دوم از صفحات گچی ۱/۵ سانتیمتری	۹/۵	۴۷
جدار اول از صفحات گچی ۶ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ ۲ سانتیمتری جدار دوم از صفحات گچی ۲/۵ سانتیمتری	۱۰/۵	۴۸
جدار اول از صفحات گچی ۸ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ ۲ سانتیمتری جدار دوم از صفحات گچی ۴ سانتیمتری	۱۴	۵۰
جدار اول از صفحات گچی ۱۵ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ ۲ سانتیمتری جدار دوم از صفحات گچی ۱/۲ سانتیمتری	۱۸/۲	۵۲

جدول پ ۳-۲ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته دیوارهای یک جداره

نوع دیوار (دو طرف اندود شده)	چگالی سطحی به کیلوگرم بر مترمربع	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل
دیوار آجری فشاری ۳۵ سانتیمتری	۶۹۰	۶۰
دیوار آجری فشاری ۱۴ سانتیمتری	۲۴۸	۴۷
دیوار آجری سفالی ۱۲ سانتیمتری	۱۰۷	۴۲
دیوار با بلوکهای بتن سبک توپر ۱۲ سانتیمتری	۱۰۰	۴۲
دیوار با بلوکهای بتن سبک توپر ۱۲ سانتیمتری	۱۴۴	۴۵
دیوار با بلوکهای بتن سبک توپر ۱۷ سانتیمتری	۱۵۰	۴۵
دیوار با بلوکهای بتن سبک توپر ۲۷ سانتیمتری	۲۳۰	۵۱
دیوار با بلوکهای بتن سبک توپر ۲۱ سانتیمتری	۱۸۶	۴۶
دیوار با بلوکهای گچی درزبندی شده ۱۰ سانتیمتری	۶۹	۴۷

جدول پ ۴-۲ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته دیوارهای دو جداره

دیواره دو جداره گچی	ضخامت دیوار به سانتیمتر	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل
جدار اول از صفحه گچی ۱ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتیمتری جدار دوم از صفحه گچی ۱ سانتیمتری	۱۲	۵۱
جدار اول از صفحه گچی روکش دار ۱/۲ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتیمتری جدار دوم از صفحه گچی روکش دار ۱/۲ سانتیمتری	۱۰	۴۸
جدار اول از صفحه گچی روکش دار ۲/۴ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتیمتری جدار دوم از صفحه گچی روکش دار ۲/۴ سانتیمتری	۱۲/۵	۵۲

۲-۲ درها

مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته تعدادی از درها که در جدول پ ۲-۵ ارائه شده است ردیف ۱ تا ۶ در آزمایشگاههای آکوستیک معتبر داخلی و خارجی آزمایش شده است.

جدول پ ۲-۵ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای تعدادی درها

شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل	چگالی سطحی به کیلوگرم بر مترمربع	نوع در
۲۵-۱۵	۱۰-۵	۱- در یک لایه برای اتاق ساختمان (ساده) : با چارچوب ساده بدون درزبندی به ضخامت ۲ سانتیمتر
۳۵-۲۵	۲۵-۱۰	۲- در دو لایه برای آپارتمان (نیمه سنگین) : با چارچوب ساده با درزبندی به ضخامت ۶-۲ سانتیمتر
۴۵-۳۵	۵۰-۲۵	۳- در دو لایه صدابند (سنگین) : با درزبندی در چارچوب و آستانه به ضخامت ۸/۴ سانتیمتر
۴۰-۳۰	—	۴- در دوتایی سبک : شامل دو در سبک همانند ردیف (۱) فاصله میان دو در ۱۵-۳۰ سانتیمتر
۵۰-۴۰	—	۵- در دوتایی سنگین : شامل دو در سنگین همانند ردیف (۲) فاصله میان دو در ۱۵-۳۰ سانتیمتر
۶۰-۴۰	—	۶- در دوتایی مخصوص : (کاملاً صدابند) شامل دو در ساده سنگین (همانند بند ۳) فاصله میان دو در بیش از ۲۵-۵۰ سانتیمتر
۱۴	۱۳/۵	۷- در چوبی به ضخامت ۴ سانتیمتر از دو لایه فیبر یا تخته سه لایه به ضخامت ۳ میلیمتر و شبکه در وسط :
۱۷	۱۳/۵	بدون آستانه و درزبندی نشده
۲۰	۱۳/۵	با آستانه و درزبندی نشده با آستانه و درزبندی شده

۳-۲ پنجره ها

مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته تعدادی از پنجره ها در جدول پ ۲-۶ ارائه شده است.

جدول پ ۲-۶ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای تعدادی از پنجره ها

شاخص کاهش صدای وزن یافته برای پنجره	نوع پنجره
	۱- پنجره ساده :
۱۰	- با یک لایه شیشه ۲ میلیمتری، چارچوب چوبی ساده بدون درزبندی
۲۰	- با یک لایه شیشه ۸ میلیمتری، چارچوب چوبی ساده بدون درزبندی
	۲- پنجره با شیشه دویل :
۲۸	- با دو لایه شیشه ۴ میلیمتری با فاصله ۸ میلیمتر از یکدیگر
۳۹	- با دو لایه ۴ و ۸ میلیمتری با فاصله ۵ سانتیمتر از یکدیگر
	۳- پنجره دوتایی :
۴۵	- متشکل از دو قاب پنجره ساده جداگانه به فاصله حداقل ۱۵ سانتیمتر ، یک پنجره با شیشه ۴ میلیمتری و پنجره دیگر با شیشه ۸ میلیمتری با درزبندی کامل
	۴- پنجره معمولی :
۱۶	- ساخته شده از پروفیل‌های آهنی بازشو با شیشه ۴ میلیمتری بدون درزبندی
۲۱	- مانند بالا با درزبندی قاب لاستیکی
	۵- پنجره دو جداره :
۲۴	- ساخته شده از پروفیل‌های وژه، بازشوی آلومینیومی با دو لایه شیشه ۴ میلیمتری به فاصله یک سانتیمتر از یکدیگر با درزبندی

۲-۴ سقف ها

تراز صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) دو نوع سقف با پوشش های مختلف کف که در آزمایشگاه آکوستیک مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن آزمایش شده در جدول پ ۲-۷ ارائه شده است.

جدول پ ۲-۷ مقادیر تراز صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته برای سقف ها

تراز صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته برای سقف به دسی بل	نوع سقف
۶۸	سقف از تیرچه های آهنی و طاق ضربی آجری فرش شده با پوشش : - موزائیک
۴۷	- موزائیک بعلاوه موکت کات به ضخامت ۸ میلیمتر
۴۹	- موزائیک بعلاوه موکت لوپ به ضخامت ۹ میلیمتر
۵۵	- موزائیک بعلاوه موکت کبریتی به ضخامت ۴ میلیمتر
۳۶	- موزائیک بعلاوه فرش دستباف به ضخامت ۱۰ میلیمتر سقف بتنی با ساختار تیرچه بلوک :
۸۸	- بدون پوشش فرش شده با پوشش :
۸۳	- موزائیک
۴۶	- کف شناور متشکل از پشم سنگ ۵ سانتیمتری و روکش بتنی ۵ سانتیمتر
۳۶	- کف شناور ردیف بالا بعلاوه سقف کاذب گچی در زیر آن متشکل از لایه های پیش ساخته گچی به ضخامت ۱ سانتیمتر و به فاصله ۳۰ سانتیمتر از سقف
۶۹	- موکت نمدی
۶۰	موکت کبریتی
۵۱	- موکت کات به ضخامت ۹ میلیمتر
۴۶	- موکت گلزار به ضخامت ۹ میلیمتر

واژه‌نامه

۱- Noise	۱- نوفه
۲- Air- borne Sound Waves	۲- امواج صوتی هوابرد
۳- Backrtound Noise	۳- نوفه زمینه
۴- Transmission	۴- تراگسیل
۵- Air-borne Transmission	۵- تراگسیل هوابرد
۶- Structure-borne Transmission	۶- تراگسیل پیکری
۷- Frequency	۷- بسامد
۸- deciblee	۸- دسی بل
۹- Sound Level	۹- تراز صدا
۱۰- A-Weighted Sound Pressurelevel	۱۰- تراز فشار صدای وزن یافته A
۱۱- Equivalent Continuous A-Weighted Sound Pressure Level	۱۱- تراز معادل صدای وزن یافته A
۱۲- Perferred Noise Criterion Curves	۱۲- نمودارهای برسنج ترجیحی نوفه
۱۳- Sound Reduction Index	۱۳- شاخص کاهش صدا
۱۴- Transmision Loss	۱۴- افت تراگسیل
۱۵- Reverberation Time	۱۵- زمان واخنش
۱۶- Weighted Sound Reduction Index	۱۶- شاخص کاهش صدای وزن یافته
۱۷- Sound Transmission Class	۱۷- گروه یا درجه تراگسیل
۱۸- Impact Sound Pressure Level	۱۸- تراز فشار صدای کوبه ای
۱۹- Normalized Impact Sound Pressure Level	۱۹- تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده
۲۰- Weighted Normalized Impact Sound Pressure Level	۲۰- تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته