

:

- 18

:

- - - :

:

:

## بسمه تعالی

### پیشگفتار

مقررات ملی ساختمان مجموعه‌ای است از ضوابط فنی، اجرایی و حقوقی لازم‌الرعایه در طراحی، نظارت و اجرای عملیات ساختمانی اعم از تخریب، نوسازی، توسعه بنا، تعمیر و مرمت اساسی، تغییر کاربری و بهره‌برداری از ساختمان که به منظور تأمین ایمنی، بهره‌دهی مناسب، آسایش، بهداشت و صرفه اقتصادی فرد و جامعه وضع می‌گردد.

در کشور ما، در کنار مقررات ملی ساختمان، مدارک فنی دیگر از قبیل:

◀ آیین‌نامه‌های ساختمانی

◀ استانداردها و آئین کارهای ساختمان‌سازی

◀ مشخصات فنی ضمیمه پیمان‌ها

◀ نشریات ارشادی و آموزشی

توسط مراجع مختلف تدوین و انتشار می‌یابد که گرچه از نظر کیفی و محتوایی حائز اهمیت است، اما باید مقررات ملی ساختمان تمایزهای آشکار دارد.

آنچه مقررات ملی ساختمان را از این قبیل مدارک متمایز می‌سازد الزامی بودن، اختصاری بودن و سازگار بودن آن با شرایط کشور از حیث نیروی انسانی ماهر، کیفیت و کمیت مصالح ساختمانی، توان اقتصادی و اقلیم و محیط می‌باشد تا از این طریق نیل به هدف‌های پیش گفته ممکن گردد. وزارت مسکن و شهرسازی که در اجرای ماده ۳۳ قانون مهندسی و کنترل ساختمان وظیفه تدوین مقررات ملی ساختمان را به عهده دارد از چند سال پیش طرح کلی تدوین مقررات ملی ساختمان را تهیه و به مرحله اجرا گذشته است که براساس آن، شورای تحت عنوان «شورای تدوین مقررات ملی ساختمان» با عضویت استادان و صاحب‌نظران برجسته کشور به منظور نظارت بر تهیه و هماهنگی بین مباحث از حیث شکل، ادبیات، واژه‌پردازی، حدود و دامنه کاربرد تشکیل داده و در کنار آن «کمیته‌های تخصصی» را، جهت مشارکت جامعه مهندسی کشور در تدوین مقررات ملی

ساختمان زیر نظر شورا به وجود آورده است.

پس از تهیه پیش نویس مقدماتی مبحث مورد نظر، کمیته‌های تخصصی مربوط به هر مبحث پیش نویس مذکور را مورد بررسی و تبادل نظر قرار داده و با انجام نظرخواهی از مراجع ذیصلاح نظیر سازمان‌های رسمی دولتی، مراکز علمی و دانشگاهی، موسسات تحقیقاتی و کاربردی، انجمن‌ها و تشکل‌های حرفه‌ای و مهندسی، سازمان‌های نظام مهندسی ساختمان استان‌های سراسر کشور، آخرین اصلاحات و تغییرات لازم را اعمال می‌نمایند. متن نهائی از طریق «شورای تدوین مقررات ملی ساختمان» برای تصویب و طی مراحل قانونی در اختیار وزارت مسکن و شهرسازی قرار می‌گیرد.

معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان از هنگامی که این مسئولیت مهم برعهده‌اش واگذار گردیده است مجدانه سعی نموده است با تشکیل شورای تدوین مقررات ملی ساختمان و کمیته‌های تخصصی مربوط به هر مبحث و کسب نظر از صاحب‌نظران و مراجع ذیصلاح بر غنای هرچه بیشتر مقررات ملی ساختمان بیفزاید و این مجموعه را همان طور که منظور نظر قانون‌گذار بوده است در اختیار جامعه مهندسی کشور قرار دهد.

تدوین کنندگان مقررات ملی ساختمان و اعضای کمیته‌های تخصصی از کلیه دست‌اندرکاران بخش‌های مختلف ساختمان انتظار دارند با ارائه نظریات و پیشنهادهای خود، آنان را در رسیدن به هدف‌های مورد نظر یاری رسانند.

دفتر تدوین و ترویج

مقررات ملی ساختمان

هیأت تهیه کننده مقررات عایق بندی و تنظیم صدا در ساختمان

الف: شورای تدوین مقررات ملی ساختمان

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

ب: کمیته تخصصی مبحث هجدهم «عایق بندی و تنظیم صدا در ساختمان»

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

پ: گروه کار وزارت مسکن و شهرسازی:

- دکت‌ر غلامرضا گل محمدی
- مهندس سیدابراهیم بنی مهد

ت: تهیه کننده متن اولیه: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

## 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.

### ۱-۱۸-۲- حدود و نحوه کاربرد

الف: رعایت این مقررات در مورد فضاهای ساختمانی عنوان شده در بند ۱۸-۲-۱ که بعد از تاریخ تصویب این مقررات احداث می‌گردند، الزامی است بناهای مسکونی ملزم به رعایت این بند نمی‌باشند.

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

ج: رعایت این مقررات در مورد کلیه مجموعه‌های مسکونی با بیش از هشت واحد و یا بیشتر از چهار طبقه مسکونی که بعد از تاریخ تصویب این مقررات احداث می‌گردند، الزامی است.

۱-۱۸-۲-۱: تراز نوفه و واخنش در کلیه موارد این مقررات مربوط به شرایط تحویل فضاها می‌باشد. در مورد لابی هتل‌ها، تراز نوفه در شرایط بهره‌برداری نیز عنوان شده است.

۱-۱۸-۲-۲: روش اندازه‌گیری مربوط به تراز نوفه زمينه، زمان واخنش و شاخص کاهش صدای وزن یافته جدارها، باید براساس استانداردها و آئین‌نامه‌های معتبر داخلی یا بین‌المللی نظیر ISO انجام شود.

### ۱-۱۸-۳- تعاریف

### ۱-۱۸-۳-۱- نوفه

نوفه به هرگونه صدای ناخواسته گفته می‌شود.

### ۱۸-۱-۳-۲- امواج صوتی هوابرد

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

### ۱۸-۱-۳-۳- نوفه زمینه

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

### ۱۸-۱-۳-۴- تراگیل

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

### ۱۸-۱-۳-۵- تراگیل هوابرد

هرگاه جداکننده‌ای به وسیله امواج صوتی هوابرد به ارتعاش درآید، نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای مورد نظر را تراگیل هوابرد گویند.

### ۱۸-۱-۳-۶- تراگیل پیکری

هرگاه جداکننده‌ای به وسیله یک جسم مرتعش به ارتعاش درآید نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای مورد نظر را تراگیل پیکری گویند.

### ۱۸-۱-۳-۷- بسامد

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

### ۱۸-۱-۳-۸- ضریب تراگیل یک جداکننده

ضریب تراگیل یک جداکننده براساس رابطه (۱-۱۸-۱) تعریف می‌گردد:

$$(1-1-18)$$

$$\tau = \frac{I_{\tau}}{I_i}$$

که در آن:

$\tau$ : ضریب تراگسیل جداکننده

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

$I_{\tau}$ : شدت موج صوتی تراگسیل یافته از طرف دیگر جداکننده به وات بر مترمربع.

### ۱۸-۱-۳-۹- ضریب جذب یک جداکننده

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

### ۱۸-۱-۳-۱۰- دسی‌بل

دسی‌بل مقیاسی است نسبی و لگاریتمی که در مورد صدا، براساس یکی از دو رابطه (۱۸-۱-۳)

مشخص می‌گردد و به dB نمایش داده می‌شود.

(۱۸-۱-۳)

$$dB = 10 \cdot \log \frac{I_1}{I_2} \quad \text{یا} \quad dB = 20 \cdot \log \frac{P_1}{P_2}$$

که در آن:

$I_1$ : شدت صدا در نقطه ۱، به وات بر مترمربع.

$I_2$ : شدت صدا در نقطه ۲، به وات به مترمربع.

$P_1$ : فشار موثر صدا در نقطه ۱، به نیوتن به مترمربع (پاسکال).

$P_2$ : فشار موثر صدا در نقطه ۲، به نیوتن به مترمربع (پاسکال).

Log: لگاریتم به پایه ده نسبت مورد نظر.

۱۸-۱-۳-۱۱- تراز صدا:

تراز صدا برحسب دسی بل براساس یکی از دو رابطه (۱۸-۱-۴) مشخص می گردد که مقدار

آنها در عمل با یکدیگر برابرند.

$$L_1 = 10 \cdot \text{Log} \frac{I}{I_0} \quad \text{یا} \quad L_p = 20 \cdot \text{Log} \frac{P}{P_0} \quad (18-1-4)$$

که در آن:

$L_1$ : تراز شدت صدا، به مقیاس dB

$L_2$ : تراز فشار صدا، به مقیاس dB

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

$P_0$ : فشار موثر صدای مبنا (نیوتن به مترمربع  $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ )

$I$ : شدت صدای مورد نظر، به وات به مترمربع

$P$ : فشار موثر صدای مورد نظر، به نیوتن به مترمربع (پاسکال)

Log: لگاریتم به پایه ده نسبت مورد نظر

۱۸-۱-۳-۱۲- نمودار استاندارد A:

نمودار استاندارد A نموداریست که عملکرد مورد نیاز یک مدار الکترونیکی را تعریف می کند.

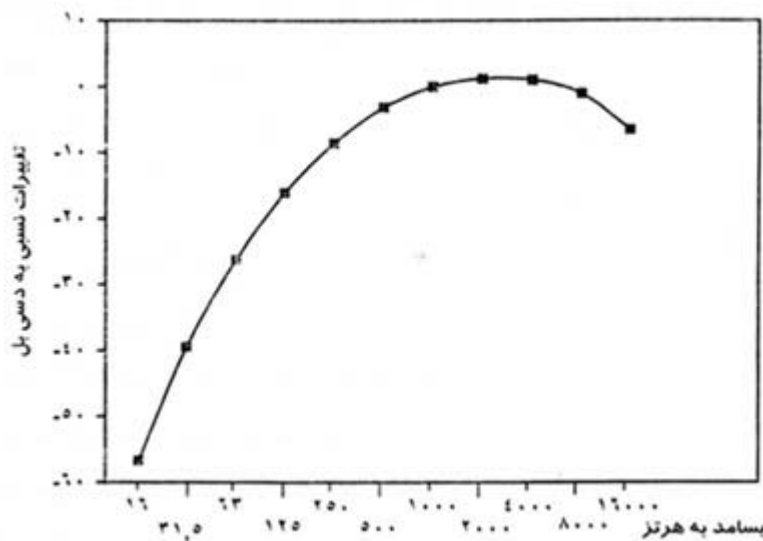
هدف از این عملکرد، که براساس تجربه بدست آمده، این است که مدار مذکور بتواند واکنش



شنوایی انسان را با سهولت و دقت کافی در صدا سنجی تقلید کند. نمودار مذکور براساس مقادیر تغییرات نسبی مدار برحسب بسامد در جدول ۱-۱۸-۱ مندرج و در شکل ۱-۱۸-۱ رسم گردیده است. بینایی (طیفی) که بصورت شکل این نمودار تغییر، یا به اصطلاح «وزن» داده شود، با پسوند A مشخص می گردد.

جدول ۱-۱۸-۱- مقادیر تغییرات نسبی مدار A

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



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

۱-۱۸-۳-۱۳- تراز فشار صدای وزن یافته A ( $L_{PA}$ ):

تراز فشار صدای وزن یافته A، که برحسب dB است، براساس رابطه (۱-۱۸-۵) مشخص می گردد.

$$L_{PA} = 20 \cdot \text{Log} \left( \frac{P_A}{P_0} \right) \quad (5-1-18)$$

که در آن:

$P_A$ : فشار مؤثر صدای وزن یافته براساس نمودار استاندارد A به نیوتن بر مترمربع (پاسکال)

$P_0$ : فشار مؤثر ثدای مبنا که مقدار آن برابر است با  $10^{-5} \times 2$  نیوتن بر مترمربع (پاسکال)

### ۱۸-۱-۳-۱۴- 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 مورد نظر با تراز متغیر دارد. این تراز معادل طبق رابطه (۶-۱-۱۸) مشخص می‌گردد و برحسب dB است.

(۶-۱-۱۸)

$$L_{AeqT} = 10 \cdot \text{Log} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right]$$

که در آن:

$P_A(t)$ : فشار صدای لحظه‌ای وزن یافته با نمودار استاندارد A

$P_0$ : فشار مؤثر صدای مبنا که مقدار آن برابر است با  $10^{-5} \times 2$  نیوتن بر مترمربع (پاسکال).

T: مدت زمان اندازه‌گیری تراز صدا است که در این مقررات ۳۰ دقیقه قید شده است.

### ۱۸-۱-۳-۱۵- 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    ۵/۳۱    هرتز

۱۸-۱-۱۶۳- 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:

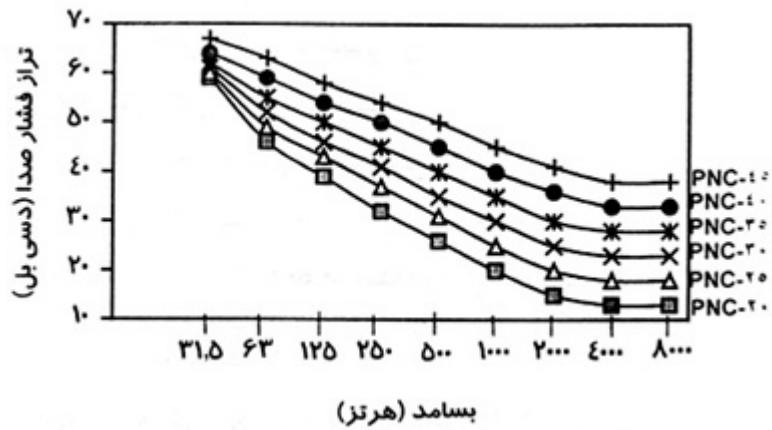
هرتز	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۱۵	۴۰۰	۵۰۰
	۶۳۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۲۵۰	۱۶۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰	۳۱۵۰

۱۸-۱-۱۷۳- نمودارهای برسنج ترجیحی نوفه (PNC):

نمودارهای PNC برای درجه‌بندی بیناب (طیف) نوفه به منظور تأمین و ارزیابی و وضوح گفتار استفاده می‌شوند. این نمودارها براساس مقادیر تراز فشار صدا در بسامد مرکزی بندهای یک هنگامی در جدول ۱۸-۱-۲ مندرج و تعدادی از آنها که در این مقررات استفاده شده در شکل ۱۸-۱-۲ رسم شده‌اند.

جدول ۱۸-۱-۲: مقادیر تراز فشار صدا در بندهای یک هنگامی نمودارهای PNC

شماره نمودارهای PNC	ترازهای فشار صدا در بند یک هنگامی (dB)								
	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 ۱۸-۱-۲- نمودارهای PNC

۱۸-۱-۳-۱۸ شاخص کاهش صدا (R):

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

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

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

$\tau$ : ضریب تراگسیل جداکننده

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

(۸-۱-۱۸)

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log\left(\frac{6/15TS}{V}\right) = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log\left(\frac{S}{A}\right)$$

یا 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 کننده‌های صدا در اتاق دریافت

۱۸-۱-۳-۱۹- زمان واخنش:

زمان واخنش که طبق یکی از دو رابطه (۱۸-۱-۹) محاسبه می‌گردد عبارتست از مدت زمانی که پس

از قطع منبع صدا، تراز فشار صدا، ۶۰ دسی بل افت کند.

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

که در آن:

$T$ : زمان واخش اتاق، به ثانیه

$S$ : مجموعه سطوح اتاق، به مترمربع

$V$ : حجم اتاق، به مترمکعب

$A$ : سطح معادل جذب کننده‌های صدا، به مترمربع

$M$ : جذب طولی هوا، به متر به توان منفی یک

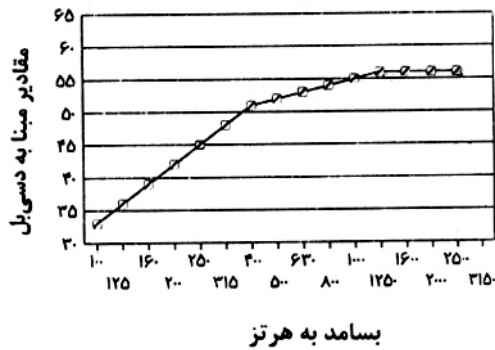
$\bar{a}$ : ضریب جذب میانگین اتاق

$L_n$ : لگاریتم در پایه  $e$

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

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

جدول ۱۸-۱-۳- مقادیر مبنا برای درجه بندی کردن افت تراگیسیل جداره



شکل ۱۸-۱-۳- نمودار مقادیر مبنا برای درجه بندی افت تراگیسیل جدارها

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

### ۱-۳-۲۱- تراز فشار صدای کوبه‌ای ( $L_i$ ):

تراز فشار صدای کوبه‌ای 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 کوبه‌ای طبق رابطه (۱۸-۱-۱۰) محاسبه می‌گردد.

(۱۸-۱-۱۰)

$$L_i = 2 \cdot \text{Log} \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{nP_0}$$

که در آن:

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

$P_0$ : فشار موثر صدای مبنا برابر است با  $10^{-9} \times 2$  نیوتن بر مترمربع (پاسکال)

### ۱۸-۳-۲۲- تراز فشار صدای معمول شده ( $L_n$ ):

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده به شاخصی گفته می‌شود که مقدار تراز فشار صدای کوبه‌ای اندازه‌گیری شده  $L_I$  را با توجه به شرایط آکوستیکی داخلی اتاق دریافت معمول می‌نماید. مقدار تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده طبق رابطه (۱۸-۱-۱۱) محاسبه می‌گردد.

(۱۸-۱-۱۱)

$$L_n - L_i + 10 \cdot \text{Log} \left( \frac{A}{A_0} \right) = L_i = 10 \cdot \text{Log} \left( \frac{61/5T}{V} \right)$$

که در آن:

$L_n$ : تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده، به دسی‌بل.

$L_i$ : تراز میانگین فشار صدای کوبه‌ای، به دسی‌بل.

$A$ : سطح معادل جذب کننده‌ها 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.

### ۱۸-۱-۳-۲۳- تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته ( $L_{nw}$ ):

تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته کمیته است تک عددی به دسی‌بل برای درجه‌بندی

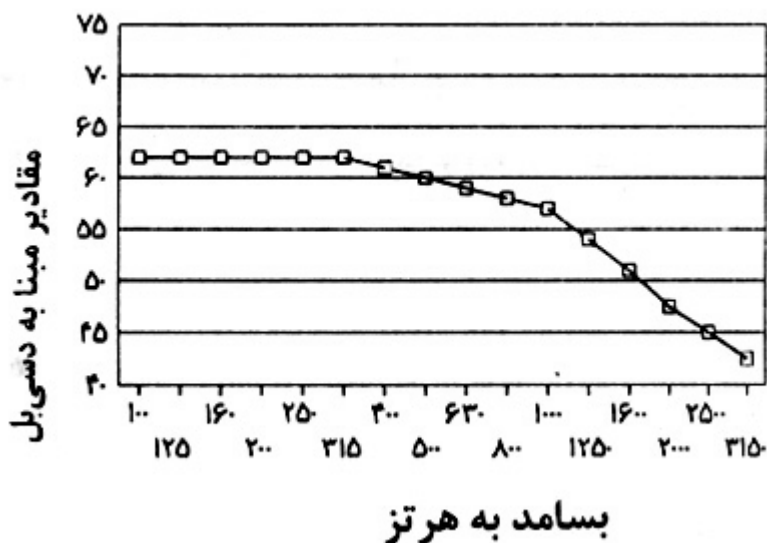
کردن نمودار تراز صدای کوبه‌ای معمول شده تراکسیل یافته از سقف در بسامد ۵۰۰ هرتز که

براساس نمودار مبنا درجه‌بندی می‌شود. این نمودار مبنا در جدول

(۴-۱-۱۸) مندرج و در شکل (۴-۱-۱۸) رسم گردیده است.



جدول ۱۸-۴): مقادیر مبنا برای درجه بندی کردن صدای کوبه ای تراگسیل شده از سقف



شکل ۱۸-۱-۴- نمودار مقادیر مبنا برای درجه بندی 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

۱۸-۱-۳-۲۴- لایه:

لایه به ساختاری گفته می شود که چگالی حجمی آن در جهات مختلف یکسان باشد. مانند اندود

گچ، قیرگونی، دیوار آجری.

#### ۱۸-۱-۳-۲۵- جداکننده ساده

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

#### ۱۸-۱-۳-۲۶- جداکننده مرکب:

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

#### ۱۸-۱-۳-۲۷- شرایط بهره‌برداری یک فضا:

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

#### ۱۸-۱-۳-۲۸- شرایط تحویل یک فضا:

به شرایطی گفته می‌شود که در آن کلیه تأسیسات غیرقابل حمل و وابسته به ساختمان فعال بوده، ولی اجزاء تجهیزاتی 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، ۱۸-۲-۷ ارائه شده است.

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

۱۸-۲-۱-۳- 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 مورد نظر، 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

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

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 مورد نیاز برای جداکننده‌ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته ( $R_w$ ) مورد نیاز برای جداکننده‌ها در ساختمان‌های مسکونی در جدول (۱۸-۲-۲) ارائه شده است.

جدول (۱۸-۲-۲) حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای جداکننده‌ها در

ساختمان‌های مسکونی

عنوان	حداقل شاخص کاهی 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 مجموع جداکننده‌های موجود میان اتاق خواب و اتاق تلویزیون در یک واحد مسکونی	۴۰
جداکننده یا مجموع 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
$L_{Aeq(30)}$ به Db	$L_{PA}$ به dB	
۳۰	۳۵	اتاق میهمان
۳۵	۴۰	سالن انتظار (لابی) هنگام تحویل
۵۰	۵۵	سالن انتظار (لابی) هنگام بهره‌برداری
۳۵	۴۰	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 ( $R_w$ ) مورد نیاز برای جداکننده‌ها در هتل‌ها جدول

(۱۸-۲-۵) ارائه شده است.

جدول (۱۸-۲-۵) حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای جداکننده‌ها در هتل

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

#### ۱۸-۲-۴- ساختمان‌های آموزشی

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

#### ۱۸-۲-۴-۲- تراز نوفه زمینه

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

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

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

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

#### ۱۸-۲-۴-۳- زمان واخنش

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

جدول (۷-۲-۱۸) حداکثر زمان واخس در فضاهای داخلی ساختمان‌های آموزشی

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

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

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته ( $R_w$ ) مورد نیاز برای جداکننده‌ها در ساختمان‌های

آموزشی در جدول (۸-۲-۱۸) ارائه شده است.

جدول (۸-۲-۱۸) حداکثر شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز 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 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

(۹-۲-۱۸) ارائه شده است.

جدول (۱۸-۲-۸) حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی و درمانی

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

۱۸-۲-۵-۳- زمان واخنش

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

جدول (۱۸-۲-۱۰) 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، مراقبت‌های ویژه، جراحی و اتاق زایمان	۱/۲
راهرو، راه‌پله	۱/۵

۱۸-۲-۵-۴- شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای جداکننده‌ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته ( $R_w$ ) مورد نیاز برای جداکننده‌ها در بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی و درمانی در جدول (۱۸-۲-۱۱) ارائه شده است.



جدول (۱۸-۲-۱۱) حداکثر شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای جداکننده‌ها در بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی و درمانی

عنوان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته ( $R_w$ ) به dB
جداکننده کلیه اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، جراحی و زایمان از فضای بیرونی ساختمان	۴۵
جداکننده میان کلیه اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، جراحی و زایمان	۵۰
جداکننده کلیه اتاق‌های بخش بستری و زایمان از راهرو	۳۵
جداکننده کلیه اتاق‌های مراقبت‌های 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
$L_{Aeq(30)}$ به dB	$L_{PA}$ به dB	
۴۰	۴۵	فضاهای اداری و مراکز کامپیوتری، سالن عمومی در کلیه بانک‌ها

### ۱۸-۲-۳- 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
راه‌پله - راهرو	۱/۵

### ۱۸-۲-۴- شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای جداکننده‌ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته ( $R_w$ ) مورد نیاز برای جداکننده‌ها در ساختمان‌های اداری و تجاری در جدول (۱۸-۲-۱۴) ارائه شده است.

جدول (۱۸-۲-۱۴) حداکثر شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای جداکننده‌ها در ساختمان‌های اداری و تجاری

عنوان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته ( $R_w$ ) به dB
جداکننده‌های اتاق‌های اداری، مراکز کامپیوتری سالن‌های عمومی بانک‌ها 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 کتابخانه‌ها

۱-۷-۲-۱۸- رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در فضای سالن‌های سخنرانی و کتابخانه‌ها الزامی می‌باشد.

### ۱۸-۲-۷-۲- تراز نوفه زمینه

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

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

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

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

### ۱۸-۲-۷-۳- زمان واخنش

برای تعیین زمان واخنش بهینه در کتابخانه‌ها و سالن‌های سخنرانی، مقررات ویژه‌ای ارائه خواهد شد.

### ۱۸-۲-۷-۴- شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای جداکننده‌ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته ( $R_w$ ) مورد نیاز برای جداکننده‌های راهرو از فضای داخلی سالن سخنرانی ۴۰ دسی‌بل و برای کتابخانه ۳۰ دسی‌بل تعیین شده است. در ضمن برای تعیین افت صوتی بقیه جداکننده‌ها مقررات ویژه‌ای ارائه خواهد شد.

### ۱۸-۲-۸- حداکثر تراز صدای کوبه‌ای تراگسیل شده از سقف میان طبقات در ساختمان‌ها

رعایت حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته ( $L_{nw}$ ) به مقدار ۵۰ دسی‌بل در ساختمان‌های مذکور در بند ۲-۱۸ الزامی است. مقادیر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده از طرف آزمایشگاه‌های آکوستیک ارائه می‌گردد که تعدادی از آنها در پیوست ۲ ارائه شده است.

پیوست‌ها:

شامل:

پیوست ۱- روش تعیین شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب

پیوست ۲- مقادیر صدابندی جداکننده‌ها 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 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 تراگیل و شاخص کاهش صدای هر جداکننده را مشخص می‌کند ضریب تراگیل جداکننده ساده محاسبه می‌شود.

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

که در آن:

$R$ : شاخص کاهش صدای جداکننده، به دسی‌بل

$\tau$ : ضریب تراگیل جداکننده

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

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

که در آن:

$\tau$ : ضریب تراگیل جداکننده مرکب

$\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ : ضریب تراگیل 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، به

مترمربع.

با قراردادن  $\tau$  در رابطه (پ ۳-۱) شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب محاسبه می‌گردد.

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

که در آن:

$\tau$ : ضریب تراگسل صدای جداکننده مرکب.

$R$ : شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب به دسی‌بل.

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

حل:

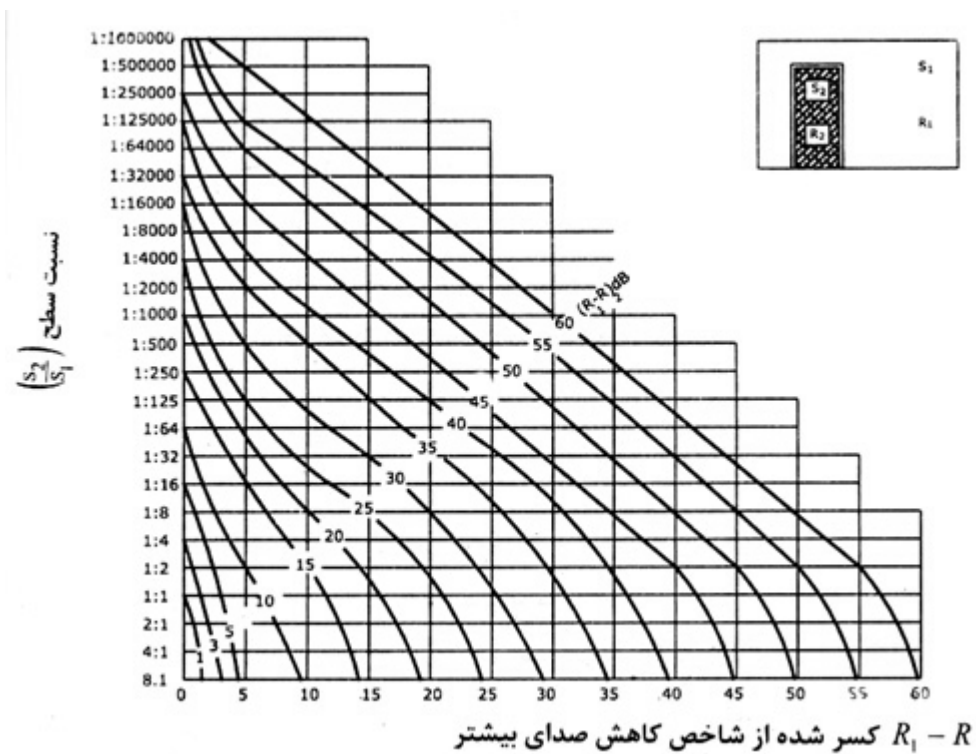
پنجره	$S_p = 5 \times 1 = 5$	پنجره مترمربع	$\tau_p = 10^{-(0.1) \times 5}$
در	$S_p = 1 \times 2 = 2$	در مترمربع	$\tau_p = 10^{-(0.1) \times 2}$
دیوار	$S_p = 10 \times 47 - (2 + 5) = 40$	دیوار مترمربع	$\tau_p = 10^{-(0.1) \times 40}$
جداکننده	$S = 10 \times 4/7 = 47$	مترمربع	

$$\tau = \frac{5 \times 10^{-(0.1) \times 5} + 2 \times 10^{-(0.1) \times 2} + 40 \times 10^{-(0.1) \times 40}}{47} = 2/42 \times 10^{-2}$$

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

## 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 به دست 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 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.

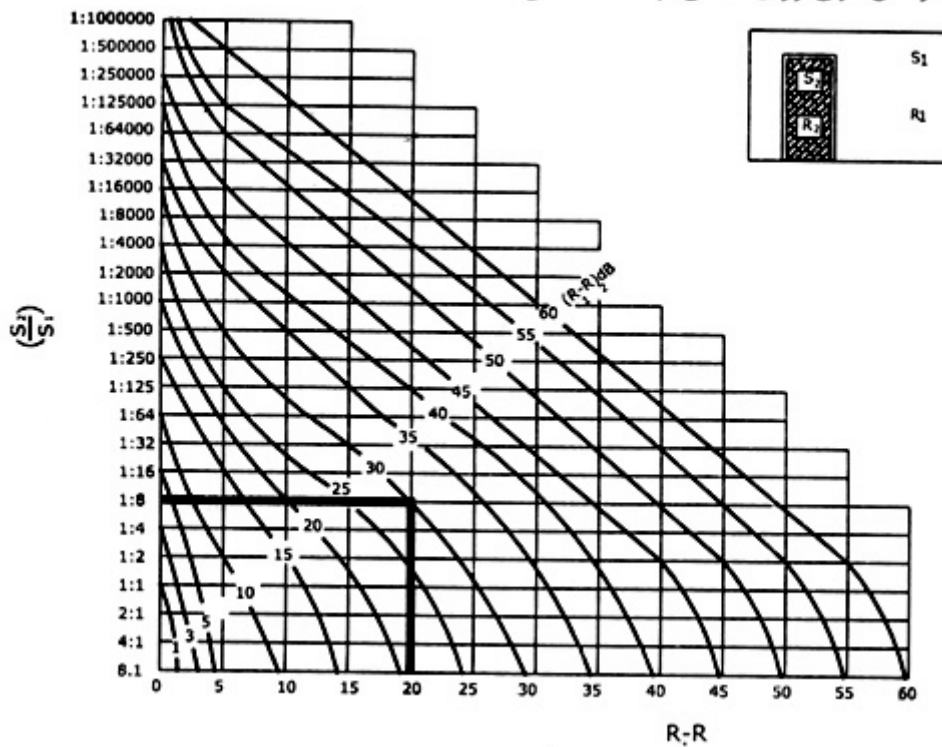
الف - اختلاف دو کاهش صدای دیوار و پنجره را بدست آورده ( $R_v - R_p = 50 - 20 = 30$ ) و سپس منحنی ۳۰ از روی شکل مشخص می‌گردد.

ب - نسبت دو سطح تشکیل دهنده دیوار و پنجره را بدست آورده  $\left(\frac{S_v}{S_p} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8}\right)$  و از نقطه

مربوط به این نسبت در روی محور عمودی خطی به موازات محور افقی رسم کرده تا نمودار اختلاف ۳۰ دسی‌بل 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:

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

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





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

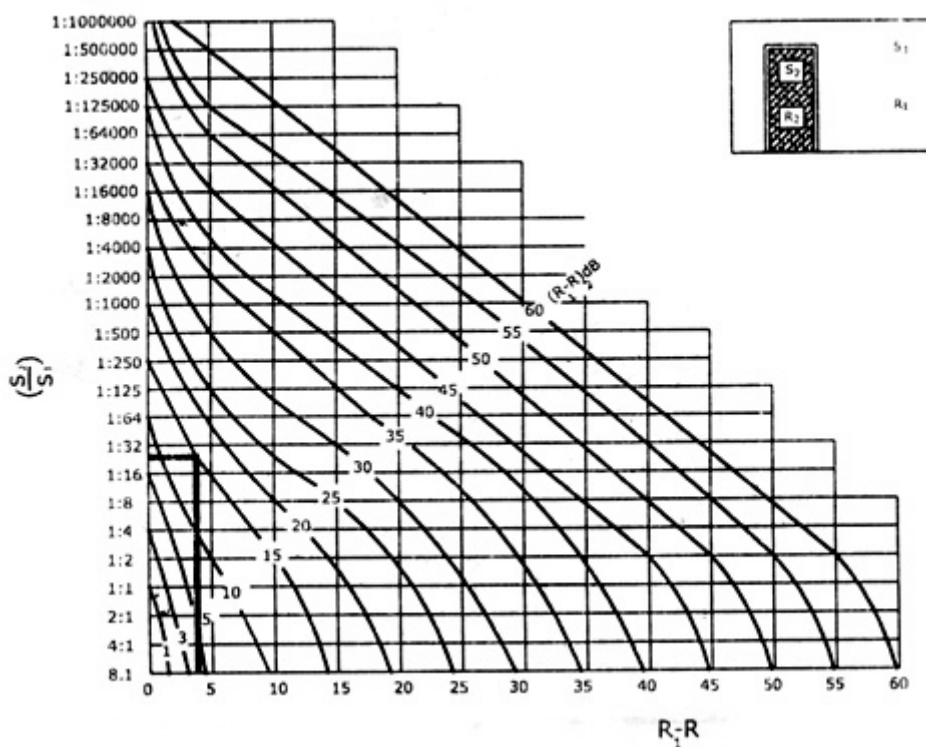
سپس به همین روش ساختار مرکب دیوار و پنجره به عنوان یک ساختار با ساختار در به عنوان ساختاری دیگر در نظر گرفته می شود:

مترمربع	$S = 10 \times 4/7 = 47$	جداکننده
مترمربع	$S_p = 2 \times 1 = 2$	در
مترمربع	$S_1 = 47 - (2) = 45$	دیوار و پنجره

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

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

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 جداکننده مرکب از روش تخمینی ۲۶ دسی‌بل و از روش محاسبه ۲۶ دسی‌بل 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  $R_w$ )، سقف در مقابل صدای کوبه‌ای (تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته  $L_{nw}$ ) را در اختیار داشته باشد. جداول ارائه شده در بندهای زیر می‌توانند طراح را در این جهت یاری دهند.

### ۲-۱- 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 جداول 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	۲۰۵	۴۴	دیوار آجر ماسه	۳۴۵	۵۰
۱۲ سانتیمتری	۲۴۰	۴۶	آهکی ۲۰ سانتیمتری	۴۰۰	۵۳
دورو اندود	۲۷۵	۴۸	دورواندود	۴۵۵	۵۵
دیوار آجری فشاری	۲۴۵	۴۷	دیوار بتنی	۲۶۵	۴۷
۱۵ سانتیمتری	۲۸۰	۴۹	۱۲ سانتیمتری	۲۸۰	۴۹
دورو اندود	۳۱۵	۵۱	۵۲	۲۹۵	۵۲
دیوار آجری فشاری	۲۹۰	۴۸	دیوار بتنی	۴۴۰	۵۰
۱۸ سانتیمتری	۳۲۵	۵۰	۱۵ سانتیمتری	۳۵۰	۵۲
دورو اندود	۳۶۰	۵۳	۵۴	۳۷۰	۵۴
دیوار آجری فشاری	۳۵۰	۴۹	دیوار بتنی	۴۴۰	۵۳
۲۵ سانتیمتری	۳۶۵	۵۱	۱۸ سانتیمتری	۴۶۵	۵۶
دورو اندود	۴۲۰	۵۴	۵۹	۴۹۰	۵۹
دیوار آجر ماسه	۲۵۰	۴۶	دیوار کچی:	۶۲	۳۲
۱۲ آهکی سانتیمتری	۲۸۵	۴۸	۶ سانتیمتر		
دورو اندود	۳۲۰	۵۰	۸ سانتیمتری	۸۳	۳۵
			۱۰ سانتیمتری	۱۰۶	۳۸
دیوار آجر ماسه	۳۰۵	۴۸	تخته ۱ سانتیمتری	۵/۵	۱۸
۱۲ آهکی سانتیمتری	۳۴۰	۵۰	نوپان:		
دورو اندود	۳۷۵	۵۳	۲ سانتیمتری	۱۱	۲۲
			۳ سانتیمتری	۱۶/۵	۲۵
			۴ سانتیمتری	۳۲	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 مقوایی 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 ۲-۳- 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 فشار 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	۳۷

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

دیوار دو جدار 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 جداول 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

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

## ۲-۳- پنجره‌ها

مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته تعدادی از پنجره‌ها در جدول پ ۶۲ ارائه شده است.

جدول پ ۶۲- مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای تعدادی از پنجره‌ها

نوع پنجره	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی‌بل
<b>۱- پنجره ساده:</b>	
- با یک لایه شیشه ۲ میلیمتری، چارچوب چوبی ساده بدون درزبندی	۱۰
- با یک لایه شیشه ۸ میلیمتری، چارچوب چوبی ساده بدون درزبندی	۲۰
<b>۲- پنجره با شیشه دوپل:</b>	
- با دو لایه شیشه ۴ میلیمتری با فاصله ۸ میلیمتر از یکدیگر	۲۸
- با دو لایه ۴ و ۸ میلیمتری با فاصله ۵ سانتیمتر از یکدیگر	۳۹
<b>۳- پنجره دو تایی:</b>	
- 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	۴۵
<b>۴- پنجره معمولی:</b>	
- ساخته شده از پروفیل‌های آهنی بازشو با شیشه ۴ میلیمتری بدون درزبندی	۱۶
- مانند بالا با درزبندی قاب لاستیکی	۲۱
<b>۵- پنجره دو جداره:</b>	
- ساخته شده از پروفیل‌های ویژه، بازشوی آلومینیومی با دو لایه شیشه	۲۴
- ۴ میلیمتری به فاصله یک سانتیمتر از یکدیگر با درزبندی	



## ۴-۲- سقف‌ها

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته ( $L_{nw}$ ) دو نوع سقف با پوشش‌های 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 کوبه‌ای معمول شده وزن یافته برای سقف‌ها

تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته برای سقف به دسی‌بل	نوع سقف
۶۸	سقف از تیرچه‌های 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 لایه‌های پیش ساخته گچی به ضخامت ۱ سانتیمتر و به فاصله ۳۰ سانتیمتر از سقف
۶۹	موکت نمودی
۶۰	موکت کبریتی
۵۱	موکت کات به ضخامت ۹ میلیمتر
۴۶	موکت گلزار به ضخامت ۹ میلیمتر

## واژه‌نامه

Noise	نوفه
Air – borne Sound Waves	امواج صوتی هوابرد
Background Noise	نوفه زمينه
Transmission	تراگسيل
Air borne Transmission	تراگسيل هوابرد
Structure – borne Transmission	تراگسيل پيکری
Frequency	بسامد
DeciBell	دسی‌بل
Sound Level	تراز صدا
A-Weighted Sound Pressure Level	تراز فشار صدای وزن یافته A
Equivalent Continuous A-Weighted Sound Pressure Level	تراز معادل صدای وزن یافته A
Perferred Noise Criterion Curves	نمودارهای برسنج ترجیحی نوفه
Sound Reduction Index	شاخص کاهش صدا
Transmission Loss	افت تراگسيل
Reververation Time	زمان واخنش
Weighted Sound Reduction Index	شاخص کاهش صدای وزن یافته

Sound Transmission Class	گروه یا درجه تراگیسیل
Impact Sound Pressure Level	تراز فشار صدای کوبه‌ای
Normalized Impact Sound Pressure Level	تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده
Weighted Normalized Impact Sound Pressure Level	تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته