

بخش اول

صوت

# تعاریف

## موج

موج عبارت است از آشفتگی یا برهم خوردن تعادل محیط به صورت منظم یا نامنظم، و راهی برای انتقال انرژی است. امواج دو دسته‌اند؛ مکانیکی و الکترومغناطیسی.

## امواج مکانیکی

این امواج از تغییر مکان قسمتی از محیط کثسان نسبت به وضعیت تعادل خود ناشی می‌شوند که این امر به نوبه خود سبب نوسان محیط می‌گردد. برای ایجاد و انتقال این امواج وجود محیط مادی (جامدات، مایعات، گازها) ضروری است. این امواج به شکل‌های مختلف ایجاد و منتشر می‌گردند؛ سه شکل عمده آن عرضی، طولی و پیچشی می‌باشد.

### ۱- موج عرضی

اگر حرکت ذرات ماده‌ی حامل موج بر راستای انتشار موج عمود باشد، موج را عرضی گویند؛ امواج آب از این دسته‌اند.

### ۲- موج طولی

اگر حرکت ذرات ماده‌ی حامل موج در راستای انتشار موج باشد، موج را طولی گویند؛ امواج صوتی از این دسته‌اند.

### ۳- موج پیچشی

این امواج ترکیبی از دو شکل عرضی و طولی بوده و در محیط‌های مخصوصی قابل تولید و انتشار می‌باشند؛ مثلاً اگر همزمان انتهای یک فنر را در دو جهت عمودی و افقی به نوسان درآوریم این موج ایجاد می‌شود.

## امواج الکترومغناطیسی

این امواج به دلیل ماهیت ویژه خود، برای انتشار به محیط مادی نیازی نداشته و قادرند در ماده و خلاء منتشر شوند. پرتوهای کیهانی، گاما، ایکس، ماورای بنفش، نور مرئی، مادون قرمز و امواج رادیویی از این دسته‌اند.

## صوت

صوت شکلی از انرژی است که توسط مکانیسم شنوایی قابل تشخیص است. امواج صوتی شکلی از امواج مکانیکی طولی هستند که عموماً در هوا منتشر شده و در برخورد با گوش انسان احساس شنیدن را ایجاد می‌کنند.

## تولید صوت

نوسان ممتد یک محیط الاستیک (کشسان)، می‌تواند باعث ارتعاش ملکول‌های هوای مجاور و تغییر مداوم فشار هوا گردد و موج ایجاد شود. این موج به صورت طولی در هوا منتشر شده و در محدوده معینی از نظر فرکانس و دامنه برای انسان قابل درک است و به آن صوت می‌گویند. به عبارت دیگر در اثر نوسانات و تغییرات متناوب در گازها، صوت ایجاد می‌شود. مدت زمان، فرکانس و شدت صوت، عواملی هستند که باعث می‌شوند صدا توسط مکانیسم شنوایی شنیده شود. محدوده فرکانس قابل درک برای انسان بین ۱۶ تا ۲۰۰۰۰ هرتز (Hz) است. امواج خارج از این محدوده فرکانس را مادون صوت و ماورای صوت می‌نامند.

## کمیات اندازه‌گیری صوت

۱. کمیات فیزیکی (یا مطلق): فشار، شدت، و توان صوت
۲. کمیات لگاریتمی (یا تراز): تراز فشار، تراز شدت و تراز توان صوت

## توان صوت

توان صوت برحسب وات (W)، مقدار انرژی صوتی است که در واحد زمان در منبع صوتی تولید می‌شود.

$$W = \frac{J}{s}$$

## توان مبنا یا آستانه درک

کمترین توان صوتی که می‌تواند گوش انسان را تحریک کند برابر  $10^{-12} W$  است. این میزان را توان مبنا یا آستانه درک توان صوت می‌نامند. بیشترین توان صوتی که گوش بدون درد تحمل می‌کند  $100 W$  است.

## شدت صوت

شدت صوت برحسب  $\frac{W}{m^2}$ ، مقدار انرژی صوتی است که در واحد زمان از واحد سطح می‌گذرد؛ سطح مذکور عمود بر راستای انتشار موج صوتی است.

$$I = \frac{W}{A}$$

## شدت صوت مبنا

کمترین شدت صوتی که برای گوش قابل درک باشد برابر  $10^{-12} \frac{W}{m^2}$  است که به آن شدت صوت مبنا گویند. بیشترین شدت صوتی که گوش انسان بدون درد قادر به تحمل آن است  $100 \frac{W}{m^2}$  می‌باشد.

## فشار صوت

فشار صوت بر حسب پاسکال ( $\frac{N}{m^2}$ ) در سیستم MKS و میکروبار ( $\frac{din}{cm^2}$ ) در سیستم CGS، عبارت از نیروی وارد بر سطح است.  
 $1 \text{ pa} = 10 \text{ } \mu\text{bar}$

## فشار مبنا

کمترین فشار صوتی که می‌تواند گوش انسان را تحریک کند  $2 \times 10^{-5} \text{ pa} = 2 \times 10^{-4} \text{ } \mu\text{bar}$  است که به آن فشار مبنا می‌گویند. بیشترین فشاری که گوش می‌تواند آن را بدون درد احساس کند، ۲۰۰ پاسکال یا ۲۰۰۰ میکروبار است.

## آستانه شنوایی

گوش انسان به طور طبیعی قادر به درک امواج صوتی با حداقل دامنه فشار ۲۰ میکروپاسکال است که آن را آستانه شنوایی می‌نامند.

## تراز

عبارت از نسبت کمیت اندازه‌گیری شده صوت به کمیت مبنا (آستانه درک) است. این نسبت‌ها به ترتیب برای توان، شدت و فشار به صورت  $\frac{P}{P_0}$ ,  $\frac{I}{I_0}$ ,  $\frac{W}{W_0}$  است. در این نسبت‌ها، صورت کسر مقادیر اندازه‌گیری شده صوت و مخرج کسرها آستانه درک آنها توسط گوش انسان است. واحد آنها دسی‌بل است.

## تراز توان صوت (SWL (LW) (sound power level)

توان صوت مربوط به منبع صوتی است و از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\text{SWL(dB)} = LW = 10 \log(w/w_0)$$

$$\text{SWL} = 10 \log w + 120$$

$W$  – توان مطلق منبع صوتی ( $w$ )

$W_0$  – توان مبنا یا آستانه درک فیزیواوژیک توان صوت  $w \cdot 10^{-12}$

## تراز شدت صوت (SIL (LI) (Sound Intensity Level)

از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\text{SIL (dB)} = LI = 10 \log (I / I_0)$$

$$SIL = 10 \log I + 120$$

I - شدت مطلق صوت در نقطه اندازه گیری (  $w / m^2$  )

$I_0$  - شدت مبنا یا آستانه درک فیزیولوژیک شدت صوت  $10^{-12} w / m^2$

### تراز فشار صوت ( LP ) SPL ( Sound Pressure Level )

در بررسی های محیط کار به منظور ارزیابی محیطی و نیز ارزیابی مواجهه کارکنان ، تراز فشار صوت بیشترین استفاده را دارا می باشد . تراز فشار صوت از رابطه زیر بدست می آید .

$$SPL (dB) = LP = 10 \log ( P^2/P_0^2 ) = 20 \log ( P/P_0 )$$

$$SPL = 20 \log P + 94$$

P - فشار مطلق صوت در نقطه اندازه گیری Pa

$P_0$  - فشار مبنا یا آستانه درک فیزیولوژیک فشار صوت  $2 \times 10^{-5}$  Pa

### تراز معادل مواجهه صوت ( Leq ) ( Equivalent Sound Level )

از آنجایی که شاغل در طول شیفت کاری در معرض ترازهای مختلف فشار قرار دارد ، به منظور ارزیابی مواجهه ، از ترازهای مواجهه شاغل متوسط زمانی می گیرند . در این روش ابتدا ، تراز هر بار مواجهه با زمان مواجهه مربوطه اندازه گیری و ثبت شده ، سپس با استفاده از رابطه زیر تراز معادل مواجهه برای یک دوره زمانی محاسبه می گردد .

$$Leq (dB) = 10 \log \left[ \frac{1}{t_r} \sum_{i=1}^n t_i 10^{L_{Pi}/10} \right]$$

Leq - تراز معادل مواجهه ( dB )

$t_i$  - طول زمان مواجهه  $i$  ام به ساعت

$t_r$  - زمان مرجع معمولاً ۸ ساعت

$L_{Pi}$  - تراز فشار صوت مواجهه  $i$  ام ( dB )

### تراز نشری EA ( Emission Level )

با این تراز می توان حد تجمعی مواجهه با صدا در یک دوره شغلی چند ساله را محاسبه نمود . براساس تراز نشری مقادیری را معین نموده اند که مواجهه بیش از آن سبب صدمات صوتی وارده به گوش در طول یک دوره چند ساله کاری خواهد شد . اگرچه این معیار برای صدای کوبه ای توصیه شده ، ولی برای صدای پیوسته نیز قابل استفاده است .

$$EA(dB) = Leq + 10 \log T_1/T_0$$

$$T_0 = cte = 1year$$

$$T_1 = T \times t/240$$

T - تعداد سالهای مواجهه

t - تعداد روزهای مواجهه فرد در سال

۲۴۰ - تعداد روزهای کاری در ۴۸ هفته سال و هفته ای ۵ روز

T<sub>0</sub> - دوره مبنا و برابر یک سال

### تراز آماری L<sub>N</sub>

برای تعیین مدت زمانی که صدای محیط کار از حد معینی تجاوز می نماید، از تراز آماری استفاده می شود، بطور کتال تراز ۸۵ دسی بل را بعنوان مبنا در نظر گرفته و درصدی از زمان مواجهه که صدا از تراز مبنا تجاوز نموده باشد با تراز آماری نشان می دهند. مثلاً L<sub>70</sub> یعنی ۷۰٪ از کل زمان شیفت کار، تراز فشار صوت از حد مبنا بالاتر بوده است.

### تراز آلودگی صوتی در محیط ( Noise Pollution Level ) NPL

برای محاسبه این تراز لازم است تراز آماری برای محدوده های زمانی ۵۰٪ و ۱۰٪ و ۹۰٪ معین شده و با استفاده از رابطه زیر تراز آلودگی محیط مشخص شود. این تراز بیشتر در مباحث آلودگی صوتی محیط زیست کاربرد دارد.

$$NPL (dB) = L_{50} + (L_{10} - L_{90}) + \frac{(L_{10} - L_{90})^2}{60}$$

### تراز تداخل با مکالمه ( Speech Interference Level ) SIL

به دلیل امکان تداخل صدای محیط کار با فرکانسهای مکالمه، که این امر می تواند در بروز حوادث نقش داشته باشد، تراز را محاسبه می نمایند که میزان مزاحمت یا محدودیت در ارتباط کلامی را نشان می دهد. این تراز برای مواجهه شغلی و اجتماعی کاربرد دارد. فرمول مربوطه بر اساس محاسبه میانگین حسابی ترازهای فشارصوت در فرکانسهای مکالمه تعیین می گردد.

$$SIL (dB) = \frac{SPL_{500} + SPL_{1000} + SPL_{2000} + SPL_{4000}}{4}$$

به کمک منحنی های دسته ای NR، اثر تداخل با مکالمه نیز بیان می گردد. در جدول زیر ارتباط وضوح گفتار با فاصله و شماره منحنی آمده است.

جدول - حداکثر فاصله برای فهم کلام در منحنی های دسته ای استاندارد

شماره منحنی استاندارد NR	حداکثر فاصله که فهم کلام ممکن است (m)
۴۰	۷
۴۵	۴
۵۰	۲/۲
۵۵	۱/۲

۰/۷	۶۰
۰/۴	۶۵
۰/۲	۷۰
۰/۱۳	۷۵
۰/۰۷	۸۰

### تراز مواجهه صوت ( Sound Exposure Level ) SEL

تراز مواجهه صوت ، بیان کننده انرژی صوت در یک قطاع زمانی ، مثلاً یک ثانیه است و توسط برخی دستگاهها قابل اندازه گیری می باشد . در برخی منابع تراز مواجهه صوت را بصورت تابعی از زمان مواجهه شاغل و تراز معادل ۸ ساعت آورده اند . این تراز به کمک رابطه زیر محاسبه می شود .

$$SEL = Leq + 10 \log ( t / 1s)$$

t – زمان اندازه گیری ( بطور پیشنهادی ۶۰ ثانیه )

برای مقایسه ترازهای مختلف فشار صوت در کارگاهها یا پست های کاری ، استفاده از این تراز مناسب است . این تراز را می توان با دز صدا مشابه دانست ، زیرا دز صدا نیز می تواند بدون واسطه وضعیت دو مواجهه را با هم مورد مقایسه قرار دهد . با توجه به اینکه t در همه حال ثابت در نظر گرفته می شود ، مقدار رابطه فوق بصورت زیر ساده می گردد .

$$SEL (dB) = Leq + 10 \log 60$$

$$SEL (dB) = Leq + 17.8$$

با داشتن SEL همواره می توان مقدار تراز معادل مواجهه و در نتیجه دز دریافتی صدا را توسط شاغل محاسبه نمود . در صورتی که برای یک شاغل در مواجهه های مختلف مقادیر SEL اندازه گیری شده باشد ، می توان با استفاده از روش جمع ترازهای صوتی تراز مجموع مواجهه را نیز محاسبه نمود .

### فرکانس

تعداد دفعاتی که چرخه تراکم و انبساط هوا در واحد زمان روی دهد (تعداد دورها در ثانیه) را فرکانس صدا گویند. واحد آن هرتز است.

### فرکانس مکالمه انسان

فرکانس مکالمه انسان در ناحیه ۴۰۰۰-۵۰۰۰ Hz قرار دارد.

### طول موج

فاصله دو نقطه مشابه و متوالی را روی معادله موج صوتی، طول موج می نامند، که برحسب mm ،cm و یا m بیان می شود.

## دامنه فشار

نزدیکترین فاصله بین پایین‌ترین و بالاترین نقطه از نصف موج را گویند.

## نویز (Noise)

تعداد زیادی از اصوات ساده‌ای که به طور غیرهماهنگ بهم پیوسته‌اند و رابطه‌ای با یکدیگر ندارند و در واقع از فرکانس‌های متعددی تشکیل شده‌اند که شکل و نظم معینی ندارند.

## دسی‌بل (Decibel)

تراز صدا با واحدی به نام دسی‌بل اندازه‌گیری می‌شود. اگر صدا تا ۱۰ دسی‌بل افزایش یابد شدت صدایی که قابل شنیدن باشد حدود ۲ برابر افزایش پیدا می‌کند و اگر ۱۰ دسی‌بل کاهش یابد شدت صدایی که در این حالت شنیده می‌شود نصف صدای اولیه خواهد بود.

## باند

مجموع یکسری فرکانس‌های نزدیک بهم را گویند؛ مثلاً فرکانس‌های بین ۱۰۰-۵۰ هرتز، یک باند فرکانس را تشکیل می‌دهند.

## اکتاو باند

به گستره فرکانسی گفته می‌شود که نسبت فرکانس حد بالا به پایین آن ۲ به توان ۱ است. میانگین هندسی این دو حد به عنوان فرکانس مرکزی آن تعریف می‌شود. اکتاو باند یک روش کلی برای تقسیم دامنه فرکانس‌ها می‌باشد.

## یک‌سوم اکتاو باند

به گستره فرکانسی گفته می‌شود که نسبت فرکانس حد بالا به حد پایین آن دو به توان یک‌سوم است. میانگین هندسی این دو واحد به عنوان فرکانس مرکزی آن تعریف می‌شود.

## تقسیم‌بندی صوت برحسب فرکانس

۱. مادون شنوایی **Infra sonic**: فرکانس‌های زیر ۲۰ هرتز
۲. طیف شنوایی **Audible spectrum**: فرکانس‌های ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز
۳. ماورای شنوایی **Ultra sonic**: فرکانس‌های ۲۰۰۰۰ هرتز به بالا



## تقسیم‌بندی صدا براساس زمان و دسی‌بل

### ۱- صدای ضربه‌ای

در زمان کوتاهی ایجاد شده و سپس میرا می‌شود، یا تکرار صدا کمتر از یکبار در ثانیه است؛ مثل شلیک گلوله، پرس‌های ضربه‌ای.

### ۲- صدای یکنواخت

تغییرات دسی‌بل نسبت به گذشت زمان ناچیز است یا صدایی است که نوسانات صدا با گذشت زمان  $\pm 5$  dB است.

### ۳- صدای متغیر

صدایی است که نوسانات صدا با گذشت زمان بین ۱۰ تا ۱۵ دسی‌بل باشد.

### ۴- صدای منقطع

تغییرات دامنه نوسانات صدا بیش از  $\pm 15$  dB است.

## صدای زمینه

صدای موجود در محیط غیر از صدای منبع موردنظر اندازه‌گیری شده را گویند.

## انواع میدان‌های صوتی

### ۱- میدان آزاد

میدانی است که در آن هیچ مانعی سر راه انتشار موج صوتی نباشد. در این حالت با افزایش فاصله از منبع صوتی، شدت صوت کاهش پیدا می‌کند.

### ۲- میدان محدود

میدانی است که شرایط میدان آزاد را نداشته باشد و در آن بازتاب انرژی صوتی وجود دارد.

## تراز سنج صوت

این دستگاه برای اندازه‌گیری تراز فشار صوت طراحی گردیده است.

### ۱- شبکه A

در این شبکه، مقادیر تراز فشار صوت متناسب با حساسیت گوش انسان توزین می‌گردد. تراز اندازه‌گیری شده در این وضعیت برحسب dBA بیان می‌گردد؛ برای ترازهای کمتر از ۶۰ دسی‌بل است.

### ۲- شبکه B

این شبکه بیانگر عکس‌العمل گوش در ترازهای بالاتر از ۶۰ دسی‌بل است؛ این شبکه برای ترازهای حدود ۵۵-۸۵ دسی‌بل مناسب است.

### ۳- شبکه C

این شبکه بیانگر عکس‌العمل گوش در پهنه فرکانس است؛ لذا برای اهداف تجزیه فرکانس صوت، کنترل صدا و ترازهای

فشار بالاتر از ۸۵ دسی بل استفاده می شود.

#### ۴- شبکه D

این شبکه در بررسی صدای ترافیک وسایل حمل و نقل هوایی استفاده می شود و اثرات تشدید گوی در فرکانس های بالاتر از ۱۰۰۰ هرتز را به خوبی لحاظ می کند.

#### ۵- شبکه Lin

در این شبکه مقادیر تراز فشار صوت در فرکانس های مختلف توسط دستگاه ترازسنج صوت بدون تغییر در کمیت نمایش داده می شود؛ اندازه گیری صدا در این شبکه برای اهداف کنترل صدا و یا اهداف صنعتی کاربرد دارد.

### انواع ترازسنج های صوت

بر اساس استاندارد شماره ANSI-SI4-1971 (انستیتوی ملی آمریکا) ترازسنج ها در چهار گروه طبقه بندی شده اند:

#### ۱- گروه ۱ (Type 1)

ترازسنج های نوع دقیق دارای بالاترین کیفیت و کمترین خطا بوده و توانایی اندازه گیری در شبکه های A, B, C, Lin را داشته و برای مقاصد اندازه گیری مناسب هستند.

#### ۲- گروه ۲ (Type 2)

این نوع برای استفاده عمومی بوده، کیفیت پایین تر نسبت به گروه ۱ دارند، ولی در اهداف بررسی صدا در محیط کار قابل استفاده می باشند.

#### ۳- گروه ۳ (Type 3)

نوع بازرسی، به علت کارایی و دقت پایین برای اهداف بازرسی یا مانیتورینگ کاربرد داشته و دقت آنها حدود ۵ دسی بل است.

#### ۴- گروه S (Type S)

نوع استفاده ویژه، که با توجه به مشخصات مربوط به محیط استفاده و نوع استفاده طراحی و کاربرد ویژه دارد.

### اثر صدا بر انسان

صدا به صورت امواج مکانیکی بر کل بدن از جمله دستگاه شنوایی اثر سوء دارد:

۱. اثر صدا بر دستگاه شنوایی؛

۲. تداخل با مکالمه؛

۳. اثر بر روی اندام بینایی؛

۴. اثر بر سیستم تعادلی؛

۵. ناراحتی اجتماعی؛

۶. اثرات عصبی؛

۷. اثر روی الکترولیت ها؛

۸. اثرات جانبی؛

۹. اثرات روانی؛

۱۰. اثرات فیزیولوژیک عمومی؛

۱۱. اثرات ذهنی صدا.

## صدمات صوتی به دستگاه شنوایی

### ۱- افت موقت شنوایی و افت دائم شنوایی

- **افت موقت شنوایی:** زمانی اتفاق می‌افتد که فرد به طور اتفاقی یا به صورت غیرشغلی با امواج صوتی بالاتر از ۶۵ دسی‌بل مواجهه داشته باشد. شخص در این عارضه احساس سنگینی و کپپی در گوش دارد؛ محدوده فرکانس ۲-۶ kHz بیشترین اثر را دارد.
- **افت دائم شنوایی:** اگر مواجهه با صدا تکرار گردد و به صورت دائمی درآید، افت موقت به دائم تبدیل می‌شود؛ عمدتاً از فرکانس ۴۰۰۰ Hz شروع می‌گردد.

### ۲- ضربه صوتی

در اثر یک یا چند مواجهه نسبی با ترازهای خیلی بالای فشار صدا مثل انفجار به وجود می‌آید.

### ۳- وزوز گوش

شخص همواره دچار احساس وزوز در یک یا دو گوش می‌شود.

# مقررات

## مواجهه با صدا

### ۱- حدود مواجهه صدا

ماده ۱- استاندارد مواجهه (حدود مجاز توصیه شده) توسط سازمان‌های مختلف، متفاوت است. لازم است یکی از توصیه‌های حدود مجاز انتخاب گردد. معیار کشوری حدود مجاز مواجهه با صدا در کتابچه (حدود تماس شغلی عوامل بیماری‌زا) که توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی منتشر شده است، مشخص گردیده است.

ماده ۲- مقادیر حد تماس شغلی صدا و مدت مواجهه با آن (جدول شماره ۱) به شرایطی اشاره دارد که به نظر می‌رسد، چنانچه کلیه شاغلان به طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند آثار نامطلوب در توانایی شنیداری و درک محاوره طبیعی آنان ظاهر نشود.

باید تأکید نمود که مقادیر حد تماس شغلی، همه شاغلین را در برابر اثرات نامطلوب تماس با صدا محافظت نمی‌نماید. مقادیر حد تماس شغلی می‌باید میانه (Median) جامعه شاغلین را در مقابل افت شنوایی در حد ۲ دسی بل در فرکانس‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ هرتز، پس از ۴۰ سال مواجهه شغلی با صدا محافظت نماید.

جدول (۱) مقادیر حد تماس شغلی صدا<sup>۱</sup>

تراز فشار صوت به dBA <sup>۲</sup>	مدت مواجهه در روز	
۸۰	ساعت	۲۴
۸۲	ساعت	۱۶
۸۵	ساعت	۸
۸۸	ساعت	۴
۹۱	ساعت	۲
۹۴	ساعت	۱
۹۷	دقیقه	۳۰

۱۰۰	دقیقه	۱۵
۱۰۳	دقیقه	$\Delta$ ۷/۵۰
۱۰۶	دقیقه	$\Delta$ ۳/۷۵
۱۰۹	دقیقه	$\Delta$ ۱/۸۸
۱۱۲	دقیقه	$\Delta$ ۰/۹۴
۱۱۵	$\Delta$ ثانیه	۲۸/۱۲
۱۱۸	ثانیه	۱۴/۰۶
۱۲۱	ثانیه	۷/۰۳
۱۲۴	ثانیه	۳/۵۲
۱۲۷	ثانیه	۱/۷۶
۱۳۰	ثانیه	۰/۸۸
۱۳۳	ثانیه	۰/۴۴
۱۳۶	ثانیه	۰/۲۲
۱۳۹	ثانیه	۰/۱۱

تذکر: برای شیفتهای کار بیشتر یا کمتر از ۸ ساعت، تراز فشار صوت می تواند با استفاده از رابطه زیر که مبتنی بر استاندارد مورد پذیرش ایران است محاسبه شود.

$$L_{pa} = 94 - 10 \cdot \log T$$

**T** - زمان مواجهه با صدا بر حسب ساعت.

**L<sub>pa</sub>** - تراز فشار صوت مجاز برای مدت زمان مواجهه با صدا، دسی بل.

۱- تماس با صدای پیوسته، متناوب یا کوبه ای در مواردیکه تراز فشار صوت ماکزیمم در شبکه وزن یافته C بیش از ۱۴۰ دسی بل است مجاز نمی باشد.

۲- تراز صوتی بر حسب دسی بل با دستگاه صداسنج اندازه گیری می شود و دستگاه مذکور باید مطابق با ویژگیهای مندرج در (ANSI ( American National Standards Institute) مدل type S2A (۱۹۸۳) SI.۴ باشد و اندازه گیری در شبکه وزن یافته A و در وضعیت Slow انجام پذیرد.

$\Delta$  - صدای منبع باید به روشی غیر از روشهای کنترل مدیریتی کاهش یابد و همچنین توصیه می شود برای صداهای بیش از ۱۲۰ دسی بل از دوزیمتر یا صداسنج از نوع جمع شونده (Intergrated) استفاده گردد.

ماده ۳- شرکت باید اطمینان حاصل نماید که هیچیک از کارکنان در معرض صدای بیش از حدود مواجهه مشخص شده در کتابچه معرفی شده در ماده ۱ و جداول ارائه شده در این بخش نمی باشند.

جدول ۲ - مقادیر حد تماس شغلی در فرکانسهای مرکزی اکتاو باند ( مبنای ۰/۰۰۰۲ میکروبار ) برحسب دسی بل

۸۰۰۰	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵	فرکانس Hz مدت تماس در روز
۸۶	۸۵	۸۵	۸۶	۸۸	۹۲	۹۶	۸ ساعت
۸۷	۸۵	۸۶	۸۸	۹۱	۹۶	۱۰۳	۴ ساعت
۹۰	۸۷	۸۸	۹۱	۹۴	۱۰۱	۱۱۰	۲ ساعت
۹۵	۹۰	۹۱	۹۵	۹۹	۱۰۷	۱۱۸	۱ ساعت
۹۹	۹۲	۹۵	۱۰۰	۱۰۵	۱۱۴	۱۲۶	۳۰ دقیقه
۱۰۴	۹۸	۹۹	۱۰۶	۱۱۲	۱۲۲	۱۳۵	۱۵ دقیقه
۱۲۰	۱۰۴	۱۰۵	۱۱۴	۱۲۲	۱۳۵	۱۳۵	۷ دقیقه
۱۲۰	۱۱۱	۱۱۳	۱۲۴	۱۳۴	۱۳۵	۱۳۵	۳ دقیقه
۱۳۰	۱۲۱	۱۲۴	۱۳۴	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵	کمتر از ۱/۵ دقیقه

### استانداردهای صدا در محیط زیست

استاندارد صدا در هوای آزاد و فضای داخل اماکن در کشورهای مختلف متفاوت بوده و وابسته به نتایج مطالعات و محدودیت های اقتصادی و توسعه اجتماعی آنها است . برای مثال :

جدول A- استاندارد فدرال امریکا برای حد مجاز تراز فشار صوت در هوای آزاد و داخل بنای شهری

گروه فعالیت منطقه ای	L <sub>1h</sub> (dBA)	L <sub>10</sub> (dBA)	توضیحات
A	۵۷ خارج بنا	۶۰ خارج بنا	مناطق آرام مسکونی
B	۶۷ خارج بنا	۷۰ خارج بنا	مناطق تفریحی ، ورزشی ، پارکها ، اقامتگاه ها ، هتلها ، متلها ، مدارس ، مساجد ، کلیساها ، سالن اجتماعات ، کتابخانه ها و بیمارستانها
C	۷۲ خارج بنا	۷۵ خارج بنا	مناطق توسعه یافته شهری که شامل مناطق A و B نباشد .
E	۵۲ داخل بنا	۵۵ داخل بنا	بناهای مسکونی ، هتل ، متل ، سالن اجتماعات ، کلیسا ، مسجد ، کتابخانه ، بیمارستان

جدول B - استاندارد حد مجاز تراز فشار صوت در هوای آزاد ، آژانس حفاظت محیط زیست ( EPA )

تراز فشار صوت مجاز $L_{eq}(24)$	نوع منطقه	
۴۵	مناطق مسکونی	۱
۵۵	مناطق آرام شهری و ورزشی	۲
۷۵	مناطق شلوغ	۳

EPA = Environmental Protection Agency

جدول C - استاندارد حد مجاز تراز فشار صوت در هوای آزاد کشور ایران

تراز فشار صوت مجاز $L_{eq}(30\text{ min})$ dBA		نوع منطقه
شب (۱۰ شب تا ۷ صبح)	روز (۷ صبح تا ۱۰ شب)	
۴۵	۵۵	منطقه مسکونی ۱
۵۰	۶۰	منطقه تجاری - مسکونی ۲
۵۵	۶۵	منطقه تجاری ۳
۶۰	۷۰	منطقه صنعتی - مسکونی ۴
۶۵	۷۵	منطقه صنعتی ۵

جدول - D - حدود مجاز تراز فشار صوت در داخل ابنیه ، مقررات ملی مسکن کشور

گروه بنا	مکان	SPL rms (dBA)	$L_{eq}$ (30 min) (dBA)
منزل	اتاق خواب	۳۵	۳۰
	اتاق نشیمن	۴۰	۳۵
	آشپزخانه	۵۰	۴۵
هتل	اتاق مهمان	۳۵	۳۰
	سالن انتظار	۴۰	۳۵
	راهروها	۴۰	۳۵
ساختمان آموزشی	کلاس درس نظری	۴۰	۳۵
	آزمایشگاه	۴۵	۴۰
	کارگاه	۵۰	۴۵
	سالن سخنرانی - کتابخانه	۴۰	۳۵
بیمارستان	اتاق بستری - جراحی	۳۵	۳۰
اداری	مکانهای عمومی - اتاق اداری	۴۵	۴۰

## ۲- اندازه‌گیری و ارزیابی صدا

ماده ۴- برای اندازه‌گیری و ارزیابی صدا، شناخت کامل نسبت به روش‌های اندازه‌گیری، خصوصیات محیط کار و چگونگی مواجهه کارکنان اهمیت دارد. مهم‌ترین نکاتی که باید قبل از اقدام به اندازه‌گیری و ارزیابی در نظر گرفته شوند عبارتند از:

۱. تعیین هدف اندازه‌گیری؛
۲. گردآوری اطلاعات دقیق از کارگاه؛
۳. گردآوری اطلاعات نحوه مواجهه شاغلان؛
۴. تعیین روش مناسب اندازه‌گیری؛
۵. انتخاب وسیله مناسب اندازه‌گیری؛



۶. کالیبراسیون؛

۷. شناخت استاندارد مواجهه شاغلان.

ماده ۵- قبل از اقدام به اندازه‌گیری باید هدف کار معلوم گردد. برای دستیابی به هر هدف، روش، دستگاه و نحوه ارزیابی متفاوت می‌باشد.

تبصره ۱: اندازه‌گیری صنعتی؛ برای اندازه‌گیری یک دستگاه معین برای اهداف عیب‌یاب یا بازرسی فنی.

تبصره ۲: اندازه‌گیری محیطی؛ به منظور تعیین توزیع تراز فشار صوت در سطح کارگاه یا معین نمودن منابع اصلی تولید صدا.

تبصره ۳: اندازه‌گیری فردی؛ برای مشخص نمودن میزان مواجهه شاغلان.

تبصره ۴: اندازه‌گیری به منظور تعیین روش و چگونگی کنترل صدا.

ماده ۶- وسایل اندازه‌گیری؛ شرکت در اندازه‌گیری باید از دستگاه‌های زیر استفاده نماید:

تبصره ۵: برای بازرسی ساده صنعتی، از ترازسنجی که توانایی اندازه‌گیری تراز فشار صوت را در شبکه Lin داشته باشد، استفاده می‌شود.

تبصره ۶: برای ناحیه‌بندی مناطق احتیاط و خطر در کارگاه، از ترازسنجی که تراز فشار صوت در شبکه توزین فرکانس A با دقت یک دسی‌بل را دارد استفاده شود.

تبصره ۷: در اندازه‌گیری دقیق، برای معین نمودن مواجهه شاغلان و معین نمودن تراز پیک و تراز مؤثر صدا، از دستگاهی با دقت ۰/۵ دسی‌بل که توانایی اندازه‌گیری در شبکه توزین فرکانس C و A را دارد استفاده می‌شود.

تبصره ۸: برای آنالیز فرکانس باید از ترازسنج‌های دقیق با شبکه‌های C و Lin همراه با آنالیزور کمک گرفت.

تبصره ۹: در دزیمتری باید از دستگاهی که حداقل دارای ویژگی اندازه‌گیری دز و تراز معادل است استفاده نمود.

ماده ۷- کالیبراسیون، قبل از هر بار اندازه‌گیری باید از صحت و دقت کار دستگاه ترازسنج صوت مطمئن شد. دقت دستگاه به نوع دستگاه و مشخصات آن بستگی دارد. بنابراین در هنگام استفاده باید دستگاه با دقت مناسب را انتخاب نمود. ولی برای اطمینان از صحت کار دستگاه باید قبل از اقدام به اندازه‌گیری، آن را با وسیله‌ای استاندارد (کالیبراتور) کالیبره نمود. از آنجا که عوامل متعددی بر کار دستگاه مؤثر می‌باشند، لازم است برای هر بار استفاده از دستگاه قبلاً از کالیبره بودن آن اطمینان حاصل شود.

ماده ۸- گردآوری اطلاعات؛ اولین مرحله از فرایند اندازه‌گیری و ارزیابی صدا، جمع‌آوری اطلاعات لازم در محیط کار و نحوه مواجهه شاغلان می‌باشد. در این مرحله:

تبصره ۱۰: نقشه ساده محیط کار که دارای مقیاس و محل نصب دستگاه‌ها، خصوصاً دستگاه‌های مولد صداست ترسیم گردد.

تبصره ۱۱: اطلاعات مربوط به محل تردد و توقف شاغلان معلوم گردد.

تبصره ۱۲: ساعات مواجهه هر گروه از شاغلان با صدا مشخص گردد.

تبصره ۱۳: اوقات تغییر شیفت معلوم گردد.

تبصره ۱۴: اطلاعات مدیریت مانند اضافه‌کاری، کار گردش و مرخصی‌ها ثبت گردد.

تبصره ۱۵: در صورت لزوم (اهداف کنترل صدا) مشخصات فنی سازه‌های بنای کارگاه، مشخصات آکوستیکی سطوح داخلی به فهرست اطلاعات اضافه گردد.

ماده ۹- تعیین ایستگاههای اندازه‌گیری؛ تعداد و محل ایستگاههای اندازه‌گیری در هر کارگاه بستگی به هدف اندازه‌گیری دارد.

ماده ۱۰- روش‌های اندازه‌گیری؛ براساس اهداف اندازه‌گیری و ارزیابی، یکی از روش‌های زیر انتخاب می‌گردد:

۱. اندازه‌گیری و ارزیابی محیطی؛ هدف مشخص نمودن توزیع تراز فشار صوت و محدوده‌های خطر در کارگاه و

همچنین تعیین منابع اصلی صوت برای کنترل صدا می‌باشد؛

۲. اندازه‌گیری به منظور ارزیابی مواجهه شاغلان؛ برای نیل به این هدف براساس شرایط کار، ویژگی‌های مواجهه

شاغلان با صدا و عوامل مرتبط دیگر از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

✓ اندازه‌گیری مواجهه شاغلان با صدای ناشی از یک منبع صوت؛

✓ اندازه‌گیری مواجهه شاغلان با صدای یکنواخت؛

✓ اندازه‌گیری مواجهه شاغلان در مدت‌های معین با صدای متغیر با زمان؛

✓ اندازه‌گیری مواجهه شاغلان در مدت‌های نامعین با صدای متغیر با زمان؛

✓ اندازه‌گیری مواجهه شاغلان با صدای کوبه‌ای و ضربه‌ای.

ماده ۱۱- تهیه نقشه ناحیه‌بندی، مشخص نمودن نواحی مختلف کارگاه براساس محدوده‌های تعیین شده تراز فشار صوت؛ برای کارگاهها با توجه به مساحت و امکانات، تعداد معین و محدودی ناحیه انتخاب کرد.

۱. کارگاه تا مساحت ۱۰۰ مترمربع، نواحی به ابعاد ۲ متر؛

۲. کارگاه تا مساحت وسیع‌تر از ۱۰۰ مترمربع، نواحی به ابعاد ۵ متر؛

۳. کارگاه با مساحت بیش از ۱۰۰۰ متر مربع، نواحی به ابعاد ۱۰ متر.

تبصره ۱۶: پس از اندازه‌گیری تراز فشار صوت در مقیاس A در مرکز تمام نواحی، نتایج روی نقشه درج و با توجه به سه محدوده از تراز فشار صوت با رنگ، هاشور یا کد مربوطه نقشه ساده‌ای ترسیم کرد.

۱. محدوده ایمن ( $SPL < 65$  dBA) با رنگ سفید یا سبز؛

۲. محدوده احتیاط ( $65 < SPL \leq 85$  dBA) با رنگ زرد؛

۳. محدوده خطر ( $SPL > 85$  dBA) با رنگ قرمز.

ماده ۱۲- در اندازه‌گیری به منظور تعیین حدود مواجهه شاغلان، اندازه‌گیری صرفاً در محل‌های توقف یا تردد آنها و در ناحیه شنوایی ایشان انجام گردد. در ارزیابی مواجهه شاغلان با صدا، تراز فشار صوت در مقیاس A و تعیین مدت زمان مواجهه برای هر فرد به طور مجزا می‌باشد.

ماده ۱۳- در تمام محیط‌های کاری که کارکنان در مواجهه با صدای بیش از ۸۰ dBA هستند، شرکت باید اطمینان حاصل نماید که تراز صدا اندازه‌گیری شده است.

ماده ۱۴- شرکت باید اطمینان حاصل کند که اندازه‌گیری تراز صدا مطابق با یک روش استاندارد انجام شده است.

ماده ۱۵- کارشناس بهداشت کار/صنعتی منابع تولید صدا را شناسایی کرده و اقدامات پیشگیرانه را توصیه نموده است.

ماده ۱۶- اندازه‌گیری‌ها، ارزیابی و پیشنهادات، مستند شده و به شیوه صحیح نگهداری می‌شوند.

ماده ۱۷- اگر در محیط کار نوسازی، تعمیر یا تغییری ایجاد شود و یا تجهیزات جدیدی به محیط کار آورده شود و یا فرایندی در محیط کار اصلاح شود به نحوی که بر تراز صدا تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته باشد، تراز صدا مجدداً اندازه‌گیری شود.

ماده ۱۸- شرکت باید اطمینان حاصل نماید که تمام نواحی دارای تراز صدای بیش از ۸۰dBA حداقل سالی یکبار اندازه‌گیری صدا شده باشد.

## ارزیابی میزان سروصدا در اتاقهای کنترل و دفاتر اداری با استفاده از معیار ترجیحی صدا یا PNC ( Preferred Noise Criteria )

با توجه به اینکه در مجتمع‌های صنعتی غیر از محیط‌های کار صنعتی، تعدادی از پرسنل در محیط‌های اداری یا قسمت‌های دیگری مثل اتاق کنترل، اتاق کلید ( Switch Room )، انبار ابزار، اتاق عملیات آتش‌نشانی، اتاق برق و ... مشغول به کار می‌باشند، لازم است محیط کار این کارکنان نیز از نظر آلودگی صوتی مورد ارزیابی قرار گیرد. در این محلها عموماً کارهایی انجام می‌شود که احتیاج به تمرکز فکری بیشتری داشته، یا اینکه از حساسیت بسیاری برخوردار می‌باشد، (مثل اتاق کنترل)، در نتیجه بایستی آسایش صوتی شاغلین در این مکانها مد نظر قرار گیرد. همچنین غیر از محل‌های اداری که کارکنان در آن قسمت‌ها به مدت نسبتاً طولانی قرار دارند ارزیابی صوتی در اتاق‌های استراحت نیز ضروری است.

برای این کار لازم است پس از اندازه‌گیری تراز فشار صوت و همچنین آنالیز صوتی در محل‌های فوق، نتایج بدست آمده با منحنیهای PNC مقایسه شده و در مورد میزان سروصدا نتیجه‌گیری شود. لازم به ذکر است که این معیار برای اصوات موجود در محیط‌های غیر صنعتی مثل محیط اداری که نیاز به تمرکز حواس، آسایش صوتی و وضوح کلمات می‌باشد مورد استفاده قرار گرفته و بصورت دسته‌ای از نمودارها می‌باشد. کاربرد این نمودار دو هدف عمده دارد.

هدف اول، در قبل از ساختمان سازی است که طراح بایستی کاربرد آینده ساختمان را بشناسد که این محل در آینده مورد چه استفاده‌ای قرار خواهد گرفت. آیا کاربری آموزشی خواهد داشت یا کاربری اداری؟ آیا کتابخانه خواهد شد یا رستوران؟ پس از اینکه طراح از کاربری آینده ساختمان اطلاع حاصل کرد، بایستی کاربری PNC مربوطه را هم بداند و همچنین صدای زمینه را نیز پیش‌بینی کند.

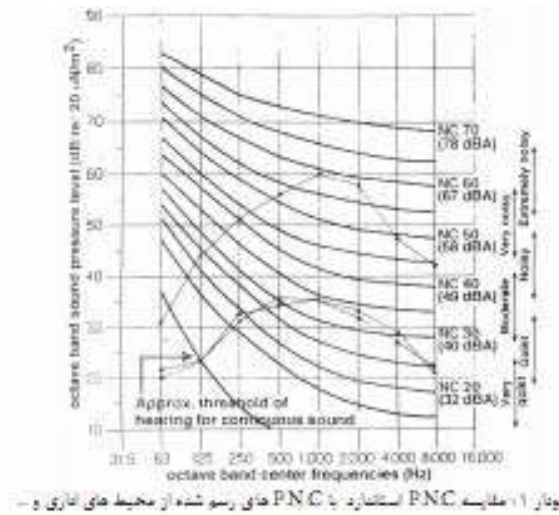
سپس با استفاده از منحنیهای PNC، اصول اکوستیکی در ساختمان را رعایت کند. در این حالت، ساختمان پس از ساخته شدن از نظر اکوستیکی بسیار مطلوب بوده و آسایش افرادی را که از آن استفاده می‌کنند، تأمین خواهد کرد. هدف دوم از کاربرد این نمودار، در مرحله ارزیابی وضعیت موجود است که ببینیم آیا سر و صدای موجود در این محل در PNC، مجاز هست یا خیر.

همانگونه که در نمودار ۱ مشاهده می‌گردد، منحنیهای PNC بصورت دسته‌ای از منحنیها هستند که از NC20 شروع شده و تا

NC70، ادامه پیدا می کنند .

بر روی محور مختصات ، در جهت عمود میزان تراز فشار صوت و در جهت افقی فرکانسهای مرکزی اکتاو باند از ۳۱/۵ هرتز تا ۱۶ کیلو هرتز نمایش داده شده است .

برای شروع به اندازه گیری بایستی در وسط محل مورد مطالعه قرار گرفت و پس از رعایت کلیه نکاتی که در مورد اندازه گیری صوت به وسیله صداسنج باید رعایت شود ، میزان تراز فشار صوت موجود در محل و همچنین آنالیز صدا در فرکانسهای هشت گانه را بدست آورسم .



البته طیف فرکانسی شامل ۱۰ فرکانس مرکزی است که جهت مطابقت با منحنی ار اندازه گیری فرکانسهای بسیار بالا یعنی ۱۶ کیلو هرتز و بسیار پایین یعنی ۳۱/۵ هرتز صرف نظر می گردد . پس از آن اعداد بدست آمده را بر روی نمودار منتقل کرده و در صورت لزوم نقاط به یکدیگر اتصال پیدا می کنند . سپس نمودار بدست آمده را مورد توجه قرار داده تا مشاهده نماییم که کدام نقطه نزدیک به بزرگترین نمودار PNC، است . این نقطه دقیقاً PNC، آن محل می باشد که بایستی با استانداردهای موجود مقایسه شده و نتیجه گیری بعمل آید .

جدول ۳ - PNC توصیه شده برای برخی از دفاتر اداری و تراز فشار صوت معادل آنها<sup>۱</sup>

دBA	PNC	مکان
۵۶ - ۶۶	۵۰ - ۶۰	اتاق کنترل
۴۷ - ۵۶	۴۰ - ۵۰	آزمایشگاه ، دفتر کار مهندسی
۵۲ - ۶۱	۴۵ - ۵۵	آشپزخانه
۳۴ - ۴۷	۲۵ - ۴۰	اتاق های استراحت ، اتاق خواب ، کتابخانه و محل های آموزشی
۴۲ - ۵۲	۳۵ - ۴۵	رستوران ، دفاتر اداری بزرگ

مسئله دیگری که در محلهایی چون اتاق کنترل ، که در آنها کارهای حساس و دقیق مثل کنترل فرآیندها ، انجام می شود ، ارتباط کلامی افراد با یکدیگر و همچنین شنیدن دستورات و فرامین است ، لذا بایستی در محلهای یاد شده از شاخص تراز تداخل صدا با مکالمه یا SIL استفاده کرد تا متوجه شویم که آیا میزان صدای موجود به حدی است که باعث شود مکالمات به راحتی انجام شده و دستورات بخوبی شنیده و اجرا گردد ، یا اینکه میزان آلودگی صوتی بقدری بالاست که

از حد مجاز فراتر رفته و با تداخل در مکالمه باعث ایجاد شرایط غیر بهداشتی و غیر ایمن می گردد .  
برای این منظور با توجه به فرمول SIL و نمودارهای شماره ۲ و ۳ وضعیت محل‌های مختلف را از این نظر سنجش  
نموده و فواصلی را که کارکنان می توانند با صدای طبیعی ، بلند ، خیلی بلند و فریاد با یکدیگر مکالمه کنند مشخص  
می شود .

$$SIL = ( LP_{500} + LP_{1000} + LP_{3000} + LP_{4000} ) / 4$$

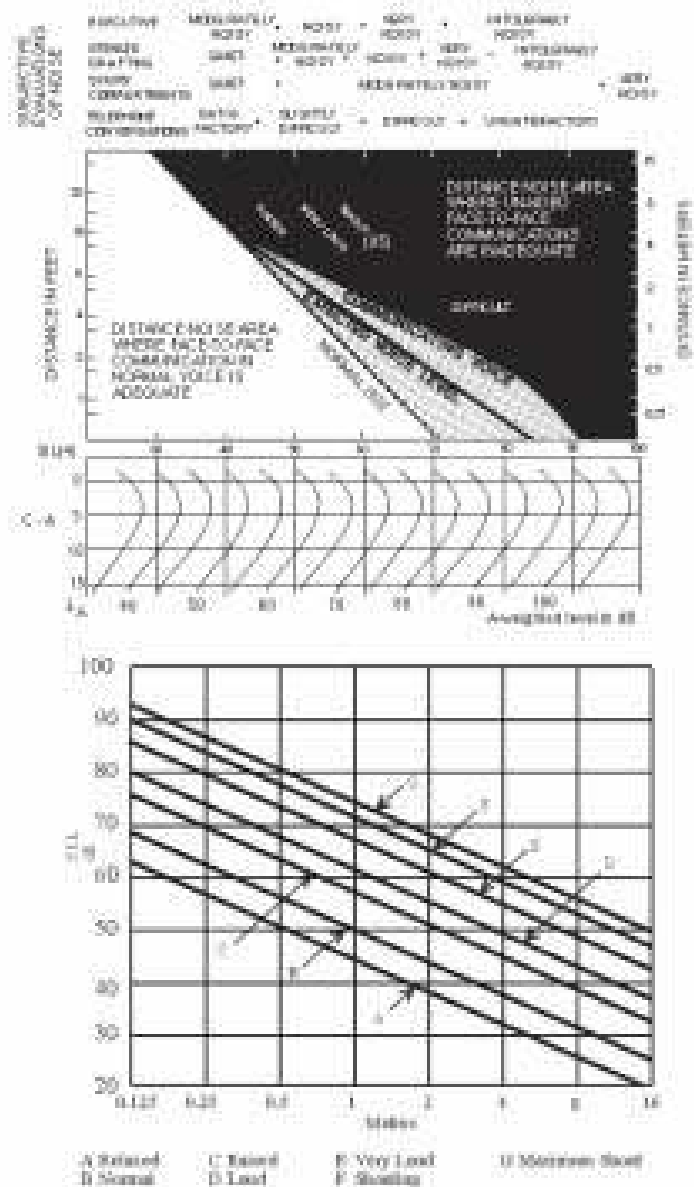
---

۱- Beranek , Blazier and Figwer , J.A.S.A., 1971 , p . 1226

۲- مثال : محاسبه SIL برای اتاق کنترل :  $SIL = ( ۵۶ + ۶۰ + ۵۸ + ۴۷ ) / ۴ = ۵۵/۵$

طبق استاندارد ، SIL مربوط به اتاق کنترل در وضعیت مناسبی بوده و افراد می توانند به راحتی و با صدای طبیعی از  
فاصله ۰/۵ متری با یکدیگر ، مکالمه عادی داشته باشند و در مواقع لزوم صدای فریاد آنها از فاصله بیش از ۴ متری شنیده  
خواهد شد .

---



شکل ۲-۱: رابطه بین تراز صدا (SIL) و فاصله بین افراد برای برقراری ارتباط چهره به چهره<sup>۱</sup>

1- J.C. Webster, «Speech Interference by Noise», Proceedings, Inter-Noise 74, Institute of Noise Control Engineering, p. 558

1-

J.C. Webster, «Speech Interference by Noise», Proceedings, Inter-Noise 74, Institute of Noise Control Engineering, p. 558

### ۳- برنامه حفاظت شنوایی

ماده ۱۹- چنانچه مواجهه با صدا بیش از ۸۵dBA باشد، شرکت باید یک برنامه حفاظت شنوایی ایجاد کند.

- ماده ۲۰- شرکت باید هر سه سال یکبار برنامه حفاظت شنوایی را بازننگری نماید.
- ماده ۲۱- شرکت باید یکی از کارکنان متخصص و مطلع را به عنوان سرپرست، برای نظارت بر اجرای صحیح برنامه حفاظت شنوایی انتخاب کند.
- ماده ۲۲- شرکت باید برنامه حفاظت شنوایی را مدون کرده و آن را به روز نگهداری نماید.
- ماده ۲۳- برنامه حفاظت شنوایی باید شامل روش‌ها و دستورالعمل‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه شغلی افراد با صدا باشد.
- ماده ۲۴- برنامه حفاظت شنوایی باید شامل انواع روش‌های استفاده شده برای کنترل صدا باشد.
- ماده ۲۵- در برنامه حفاظت شنوایی باید تهیه نقشه صوتی مدنظر قرار گیرد.
- ماده ۲۶- در برنامه حفاظت شنوایی، مشخص نمودن محل‌های خطرناک با علایم هشداردهنده باید گنجانده شود.
- ماده ۲۷- در برنامه حفاظت شنوایی، آموزش کارکنان درباره مخاطرات بیش از حد مجاز مواجهه با صدا و استفاده صحیح از وسایل حفاظت شنوایی و به‌کارگیری اقدامات کنترلی گنجانده شده و الزامی گردد.
- ماده ۲۸- در برنامه حفاظت شنوایی، انجام آزمایش‌های شنوایی‌سنجی دوره‌ای و موردی باید گنجانده شود.
- ماده ۲۹- بازننگری برنامه حفاظت شنوایی باید زمانبندی گردد و مطابق آن اقدامات لازم به عمل آید.
- ماده ۳۰- کلیه مستندات برنامه حفاظت شنوایی باید ایجاد شده و به شیوه صحیح نگهداری شوند.

#### ۴- آزمایش‌های شنوایی‌سنجی

- ماده ۳۱- شرکت باید در معاینات دوره‌ای کارکنان انجام آزمایش شنوایی‌سنجی را الزامی نماید.
- ماده ۳۲- شرکت باید آزمایش اولیه شنوایی‌سنجی را برای کارکنان در بدو استخدام انجام دهد. تأخیر در انجام آزمایش برای این‌گونه افراد نباید بیش از ۶ ماه باشد.
- ماده ۳۳- شرکت باید کارکنانی را که در مواجهه با صدای بیش از حد مجاز قرار دارند شناسایی نماید و مطابق برنامه تحت مراقبت‌های خاص قرار دهد و حداقل فواصل آزمایش‌های شنوایی‌سنجی را برای آنان در نظر گیرد.
- ماده ۳۴- آزمایش شنوایی‌سنجی با دستگاه ادیومتر و توسط فرد آگاه و باصلاحیت انجام شود.
- ماده ۳۵- نتایج آزمایش شنوایی فرد تا پایان اشتغال وی باید نگهداری شود.
- ماده ۳۶- نتایج آزمایش شنوایی فرد محرمانه بوده و نباید بدون اجازه مکتوب فرد، در اختیار افراد بدون صلاحیت قرار گیرد.
- ماده ۳۷- نتایج آزمایش‌های به دست آمده باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و مطابق آن اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه به عمل آید.

#### ۵- کنترل صدا

- کنترل صدا، برای کنترل اثرات آن و راحتی کارکنان بوده و شامل روش‌های کنترل مدیریتی (کنترل زمان مواجهه و پایش سلامتی) و کنترل فنی است.

ماده ۳۸- روش‌های عمومی کنترل فنی؛ شرکت باید روش‌های عمومی کنترل خود را به یکی از سه روش زیر انجام دهد:

۱. کنترل مبتنی بر سازه؛

۲. کنترل مبتنی بر دفاع صوتی یا اکتیو؛

۳. حفاظت فردی.

#### ۵-۱- کنترل مبتنی بر سازه

ماده ۳۹- چنانچه شرکت از روش کنترل مبتنی بر سازه استفاده نماید. مهندس کنترل مراحل زیر را باید مدنظر قرار دهد:

۱. کنترل در منبع صوتی؛

۲. کنترل در مسیر انتشار صوت؛

۳. حفاظت پرسنل از طریق پناهگاه‌سازی صوتی.

#### ۵-۱-۱- کنترل در منبع صوتی

ماده ۴۰- شرکت کنترل صدا را باید اصولاً از طراحی دستگاه شروع نماید. در عمل می‌تواند از روش‌ها و دستگاه‌هایی استفاده نماید که دارای منابع صوتی ضعیف‌تری باشند و یا وسایل کنترل صدا قبلاً بر روی دستگاه نصب شده باشند.

ماده ۴۱- شرکت باید نوع صحیح دستگاه را متناسب با فرایند تولید، درست انتخاب نماید.

ماده ۴۲- شرکت در هنگام طراحی پروسه تولید و انتخاب نوع دستگاه، باید مشخصات صوتی آن یا تراز فشار صوت هر دستگاه و تراز فشار مجموع دستگاه‌ها در یک کارگاه را مدنظر قرار دهد و در مرحله احداث صنعت، مشخصات صوتی دستگاه‌ها را بررسی کند.

ماده ۴۳- از آنجا که تولید صدا یکی از راه‌های اتلاف انرژی در دستگاه‌هاست و متناسب با طول عمر دستگاه تراز فشار صوت آن افزایش می‌یابد، لذا شرکت باید اقدامات زیر را که دارای اهمیت است انجام دهد:

۱. نگهداری صحیح دستگاه؛

۲. سرویس‌کاری به موقع؛

۳. گریس‌کاری و تنظیم قطعات متحرک؛

۴. تعویض قطعات فرسوده.

ماده ۴۴- شرکت باید نسبت به محل و نحوه استقرار دستگاه توجه نماید، زیرا محل نصب دستگاه و موقعیت قرارگیری آن نسبت به دیوارها از اهمیت بالایی برخوردار است، در ضمن کلیه عوامل مکانیکی که می‌توانند صدا تولید کنند در این مرحله باید مدنظر قرار گیرند.

ماده ۴۵- از آنجا که هر جا صدا تولید شود ارتعاش نیز وجود دارد، شرکت برای کنترل صدا باید همزمان ارتعاش را نیز کنترل نماید. اتصالات دستگاه به محل فونداسیون می‌تواند در تولید ارتعاش نقش داشته باشد و نصب نامناسب و بدون استحکام می‌تواند به عنوان منبع تولید صدا مورد بررسی قرار گیرد.

ماده ۴۶- شرکت باید نسبت به نصب کاهش‌دهنده‌های صدا بر روی دستگاه اقدام نماید. برای برخی دستگاه‌ها، می‌توان از وسایلی که نقش کاهش‌دهنده تراز فشار صوت را دارند استفاده نمود.

ماده ۴۷- تغییر در اجزا و کار دستگاه؛ شرکت با مطالعه دقیق و فنی بر روی اجزا و کار دستگاه برخی از فرایندهای آن را



با تغییر در اجزا باید اصلاح نماید. مثلاً تغییر در حرکت لنگری به هیدرولیکی، تغییر جنس قطعات متحرک و یا قطعات در حال برخورد نمونه‌هایی از این روش‌ها می‌باشند.

ماده ۴۸- محصور کردن دستگاه؛ شرکت می‌تواند بخشی از دستگاه یا تمام آن را با پوشش یا محفظه‌ای از مانع صوتی ایزوله نماید.

#### ۵-۱-۲- کنترل در مسیر انتشار

اگر کنترل صدا در منبع میسر یا مؤثر نباشد. می‌توان آن را در مسیر انتشار کنترل کرد، یا از انتقال و انتشار آن جلوگیری کرد. این روش مبتنی بر جذب صوت و ایزولاسیون صوت می‌باشد.

#### الف) مجزا نمودن منابع اصلی صدا از سایر منابع:

ماده ۴۹- دیوارکشی اطراف دستگاه باعث ایزوله کردن آن از سایر منابع شده و در کنترل انتشار صوت نقش دارد. دیوارها باید تا سقف ادامه داشته و پوششی از مواد جاذب و لایه‌های مانع صوتی متناسب با نیاز داشته باشد.

#### ب) جداسازی بخش‌های پر صدا از سایر بخش‌های کارگاه:

ماده ۵۰- جداسازی قسمت‌های پر صدا از سایر بخش‌های کارگاه با دیوارهای جداکننده که تا سقف ادامه دارند و استفاده از درب‌های ایزولان در بین این قسمت‌ها از مواجهه غیرضروری جلوگیری می‌کند.

#### پ) کنترل صدا مبتنی بر جذب صدا:

ماده ۵۱- در این روش باید از جاذب‌های صوتی مناسب استفاده شود تا مانع انعکاس‌های صوتی گردد.

#### ت) کنترل مبتنی بر ایزولاسیون صوتی:

ماده ۵۲- در این روش از موانع صوتی به گونه‌ای استفاده می‌شود که از انتقال صدا از یک کارگاه به کارگاه دیگر، یا از یک قسمت کارگاه به قسمت دیگر و یا از یک بخش دستگاه به بخش دیگر جلوگیری شود.

#### ث) دفاع صوتی:

ماده ۵۳- این روش را کنترل صدا با صدا می‌نامند. از اصوات تولید شده غیرهم‌فاز در برابر منابع تولید صدا برای کنترل آن استفاده می‌گردد. اصوات مدافع توسط منابع صوتی قابل برنامه‌ریزی تولید شده و اصواتی متقابل با صوت منبع اصلی تولید نموده و تراز فشار صوت ایجاد شده را کاهش می‌دهد.

### ج) ایجاد پناهگاه صوتی برای شاغل:

ماده ۵۴- در جایی که نیاز مبرم و دائم به وجود شاغل در کنار منابع صوتی نیست این روش می‌تواند به عنوان یکی از راه‌حل‌های مؤثر به کار رود.

#### ۵-۱-۳- حفاظت پرسنل از طریق پناهگاه‌سازی صوتی

ایجاد پناهگاه یا محفظه‌سازی برای شاغل یک روش معمول و مؤثر کنترل صداست.

ماده ۵۵- اگر امکان اجرای موارد کنترل در منبع و یا مسیر انتشار نباشد و نیز برای دستیابی به نتیجه بهتر در مکان‌هایی که لزوم کنترل در مجاورت دستگاه محرز نیست، همچنین در مواردی که فرایند کار می‌تواند از فاصله دورتری هدایت گردد، از اتاقک‌های کنترل استفاده می‌شود.

ماده ۵۶- طراحی پناهگاه باید به گونه‌ای باشد که کلیه لوازم و ابزار کنترل پروسه در آن پیش‌بینی شده و پنجره یا شیشه دوجداره و مناسب باشد.

#### ۵-۲- کنترل مبتنی بر دفاع صوتی یا اکتیو

ماده ۵۷- اساس این روش اصل هویگنس در تداخل امواج صوتی بوده و برای این کار امواج صوتی محیط با امواجی مشابه ولی با اختلاف فاز، کنترل می‌گردد. در این روش توسط یک سیستم الکترونیکی مشتمل بر میکروفن، پردازشگر و تنظیم‌کننده و مولد ثانویه (بلندگو به صورت فرد یا زوج) صدای محیط دریافت، پردازش و براساس مشخصات صدای محیط، توسط تنظیم‌کننده امواجی در مقابل مسیر انتشار با اختلاف فاز مؤثر (۱۸۰ درجه) فرستاده شده و در نتیجه صدای اولیه را به میزان زیادی کاهش می‌دهد. این روش برای اماکن عمومی، بزرگراهها، خودروها و کارگاهها استفاده می‌شود.

#### ۵-۳- حفاظت فردی

ماده ۵۸- شرکت باید بداند که حفاظت فردی آخرین راه برای کنترل صداست و حفاظت فردی از دستگاه شنوایی، همواره یک راه‌حل کمکی یا موقت توأم با موفقیت می‌باشد.

ماده ۵۹- حفاظت فردی ترجیحاً برای ساعاتی که شاغل با بیشترین تراز فشار مواجه است و یا در زمانی که سیستم‌های کنترل صدا به طور موقت از کار افتاده‌اند، مجاز شمرده می‌شود.

ماده ۶۰- شرکت باید به مشکلاتی که مانع ادامه همکاری شاغلان در طرح کنترل صدا ناشی از استفاده وسایل حفاظت شنوایی می‌گردد، توجه نماید. مهم‌ترین آنها، ایجاد عوارض پوستی در اطراف لاله گوش، یا عوارض مجرای شنوایی به دلیل ایجاد حساسیت در پوست می‌باشد.

ماده ۶۱- شرکت باید در انتخاب وسایل حفاظت فردی کمال دقت را معمول دارد.

ماده ۶۲- در انتخاب وسایل حفاظت فردی علاوه بر کیفیت و راحتی، شرکت باید دقت نماید که وسیله تناسب کافی را با شرایط صدای محیط از نظر کاهش تراز و متناسب با فرکانس صدای محیط داشته باشد.

ماده ۶۳- در انتخاب وسایل حفاظت فردی، شرکت باید دقت نماید که جنس مواد به کار رفته برای وسیله حفاظت شنوایی از نوعی باشد که ایجاد حساسیت در پوست ننماید.

ماده ۶۴- شرکت باید آموزش‌های لازم را جهت استفاده مطلوب از وسایل حفاظت فردی به کارکنان داده باشد و دوره‌های بازآموزی را برقرار نماید.

ماده ۶۵- شرکت می‌تواند از چهار نوع حفاظ گوش استفاده نماید که شامل، حفاظ روگوشی، حفاظ توگوشی، مواد شکل‌پذیر و کلاه محافظ است.

ماده ۶۶- انتخاب حفاظ مناسب باید با مشخصات توزیع تراز فشار صوت کارگاه در محدوده‌های فرکانس‌های اندازه‌گیری شده هماهنگ باشد، به طوری که در محدوده‌های فرکانس موردنظر کارایی مطلوب را داشته باشد و متناسب با این شرایط از حفاظ روگوشی یا توگوشی استاندارد استفاده نمود.

ماده ۶۷- حفاظ روگوشی، براساس مشخصات فنی خود در فرکانس‌های مختلف مقادیر متفاوتی را کاهش می‌دهد. این نوع حفاظ فقط قادر به کنترل صدایی است که عمدتاً از طریق هوایی به گوش می‌رسد. ولی امکان انتقال صدا از طریق استخوانی به وسیله جمجمه کنترل نمی‌شود.

ماده ۶۸- نکته مهم در انتخاب حفاظ روگوشی کیفیت آن است و در صورتی که مشخصه فنی کنترل صدا در آنها اعلام و یا به تأیید مراجع رسمی نرسیده باشد ارزش حفاظتی ندارند.

ماده ۶۹- موی بلند، سربند، عینک و اندازه غیرطبیعی جمجمه بر کارایی حفاظ روگوشی تأثیر نامطلوب دارد.

ماده ۷۰- حفاظ توگوشی یک جسم نرم قابل اتساع و در عین حال مؤثر در کنترل صدا می‌باشد که داخل مجرای گوش قرار می‌گیرد.

ماده ۷۱- نکته اساسی در استفاده از حفاظ‌های توگوشی رعایت بهداشت فردی و نحوه استفاده از آن می‌باشد و به هیچ‌وجه به طور مشترک با سایرین نباید مورد استفاده قرار گیرد.

ماده ۷۲- مواد شکل‌پذیر، به صورت الیاف نرم یا مواد نرمی هستند که یکبار مصرف می‌باشند و داخل مجرای گوش قرار می‌گیرد و منبسط شده و آن را مسدود می‌سازد. رعایت نظافت در کاربرد آنها اهمیت دارد.

ماده ۷۳- حفاظ توأم، استفاده همزمان از حفاظ توگوشی و روگوشی را گویند و استفاده موقت از آن نتیجه مطلوب‌تر دارد.

ماده ۷۴- کلاه محافظ برای مشاغلی که امکان بروز صدمات مکانیکی به سر وجود دارد و کنترل انتقال صوت از طریق جمجمه به گوش داخلی و حفاظت بافت مغز در برابر صدمات موج صوتی به کار می‌رود.

ماده ۷۵- برای هر موردی که حفاظ توصیه شده باشد، در انتخاب حفاظ شنوایی باید:

۱. ارزیابی دقیقی از مواجهه شاغل با صدا قبلاً انجام شده باشد؛

۲. تعیین نمود که شاغل با چه سطحی از خطر و چه محدوده‌هایی از فرکانس مواجه است؛

۳. تراز کلی فشار صوت مواجهه، تراز معادل، طول زمان مواجهه روزانه و آنالیز فرکانس یک اکتاوا باند صدا در پست کاری شاغلان به عنوان حداقل اطلاعات مورد نیاز می‌باشد.

ماده ۷۶- تشخیص قطعی کارایی حفاظ‌های روگوشی و توگوشی از نظر افت انتقال فقط با تست فنی میسر است در غیر این صورت استاندارد بودن و داشتن جدول یا نمودار مشخصات فنی ضروری است.

ماده ۷۷- حفاظ علاوه بر داشتن شاخص مناسب افت کلی انتقال، باید کارایی کافی برای کاهش تراز فشار صوت در فرکانس‌های مخاطره‌زا را که در آنالیز فرکانس مشخص شده، داشته باشد.

ماده ۷۸- برای کاربرد مؤثر حفاظ باید به فرکانس‌هایی که بیشترین مواجهه شاغلان با آنها است توجه شود.

ماده ۷۹- از روشهای محاسباتی برای ارزیابی کیفی حفاظهای روگوشی و توگوشی می توان استفاده کرد و در آن صورت می توان تصمیم گرفت که حفاظ شنوایی قابلیت لازم را با توجه به ارزیابی مواجهه شاغل دارد یا خیر.

ماده ۸۰- استفاده نامرتب از حفاظهای شنوایی باعث می شود که کارایی حفاظ از آنچه برآورد شده کمتر شود.

ماده ۸۱- راه منطقی و مطمئن برای آزمون کارایی یک حفاظ شنوایی، آزمایش آن در شرایط محیط کار و یا در خود محیط کار توسط دستگاه مخصوص است.

ماده ۸۲- راه ساده برای تست حفاظ روگوشی در محل کار، این است که در محل کار شاغل، ابتدا تراز فشار صوت کلی اندازه گیری شود و در همانجا مجدداً با دو طرف گوشی، میکروفن صداسنج را احاطه نمایند، به طوری که ضمن روی هم قرار گرفتن سطح دو کفه گوشی، فشار بیش از حد به آن وارد نشود. تفاضل اندازه گیری در این دو حالت برآوردی از کارایی گوشی خواهد بود.

