

مقدمه

در عصر حاضر، پیشرفت فن آوری در تمامی زمینه های صنعتی گسترش و کاربرد وسیع وسایل ، ماشین آلات و تجهیزات مختلف را به همراه داشته و این رشد سریع سبب گردیده تا انسان در زندگی روزمره و شغلی خود هرچه بیشتر تحت تاثیر آشفته گی های ناخوشایند آکوستیکی یعنی صدا با شدتهای مختلف قرار گیرد. تحقیقات **EPA** نشان می دهد که تراز صدا در جوامع ، ارتباط مستقیم با میزان جمعیت دارد. به همین ترتیب صدا یکی از خطرات شغلی و صنعتی به شمار می آید و اغلب کارگران بخش صنعت در معرض این عامل زیان آور قرار دارند.

تحقیقات نشان داده صدا از چند جنبه بر کارگران (انسان) اثر می گذارد که می توان به طور عمده اثرات صدا بر انسان را از سه دیدگاه ایمنی ، بیماری زایی و ارگونومیکی مورد بررسی قرار داد. در دیدگاه ایمنی می توان موضوع اثر پوشش صدا روی شنوایی کارگر و افزایش ریسک حوادث را مطرح کرد و در دیدگاه بیماری زایی اثر صدا بر روی اندام بینایی ، صدمه به دستگاه شنوایی (افت موقت و دائم شنوایی) اثرات عصبی و روانی ، اثرات فیزیولوژیک عمومی و اثر بر سیستم تعادلی را نام برد. از نظر ارگونومیکی صدا می تواند یک عامل خستگی به شمار آمده و موجب افزایش اشتباهات و کاهش راندمان کار و تولید باشد.

دیدگاه ایمنی

تداخل صدای محیط کار با ارتباطات کلامی از جمله عوارض ناشی از آلودگی صوتی است که می تواند باعث اختلال در انتقال و تبادل اطلاعات لازم و حیاتی بین کارگران شده و سبب بروز حادثه به دلیل نشنیدن پیامهای هشدار دهنده گردد. این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل اثر مداخله ای صدا انجام شده و مهمترین خطاهای شناسایی شده عبارت از تبادل نامفهوم و عدم درک صحیح و واضح اطلاعات ارسالی که سبب گردیده گیرنده در برابر اطلاعات ارسالی یا اصلاً واکنش نشان ندهد یا بر حسب حدس و گمان خود اقدام به انجام عمل نادرستی نماید که حالت اول عدم انجام به موقع کار و

حالت دوم عمل نایمن انجام شده سبب بروز حادثه خواهد شد. مثل حادثه ای که در یک شرکت شیمیایی آمریکا در سال ۱۹۹۷ به وقوع پیوست.

دیدگاه بیماری زایی و بهداشتی

مطالعه ۴۵ کارگر شرکت گالوانیزه فجر سپاهان در سال ۸۲ نشان داد که تفاوت معنی داری بین فشار خون قبل و بعد از شروع کار مشاهده شد. بطوریکه فشار خون سیتسول و دیاستول کل کارگران با افزایش تراز فشار صوت در بخشهای مختلف و در پایان کار افزایش پیدا می کند.

مطالعه وضعیت شنوایی افراد در معرض صدای کارخانجات کفش بهمن سمنان نشان داد که از ۱۰۰٪ افراد مورد مطالعه (۳۷۶ نفر) ۶۵/۵٪ دچار اثرات ناشی از سر و صدا بوده اند که عبارتند از ۲۱٪ خستگی گوش ، ۲۶٪ نقصان شنوایی مخفی ، ۰/۷٪ افت متوسط ، ۶٪ افت شدید شنوایی. در پژوهشی که روی ۱۱۰ نفر از کارکنان کارخانه تقطیر کاشان در سال ۱۳۸۲ انجام شد ، ۷۰ نفر از کارکنان سالنهای تولید و ماشین ابزار و ۴۰ نفر از قسمت اداری مورد مطالعه قرار گرفتند و نتیجه پژوهش نشان داد که صدا اثرات سوء بر فیزیولوژیک (علائم حیاتی) کارگران این کارخانه داشته و بیماریهای قلبی- عروقی به عنوان یک ریسک فاکتور در این صنعت مطرح است.

دیدگاه ارگونومیکی

سر و صدا یک عامل خستگی بوده و ظرفیت کار انسان را چه در مشاغل فکری و محتاج به دقت بیشتر و چه در شغل های بدنی و ساده کاهش می دهد. بر اساس تجربیات گری ورلد با کاهش ۱۴/۵٪ از سر و صدای کارگاه ، بازده کار ۸/۸٪ افزایش یافته و از اشتباهات ماشین نویس ها ۲۹٪ کاسته شده و نیز در پژوهش دیگری که توسط ورلد بر روی اندازه گیری اکسیژن مصرف شده توسط ماشین نویس ها انجام داد مشاهده نمود که مصرف اکسیژن در گروهی که در محیط پر سروصدا کار می کردند نسبت به گروهی که در محیط آرام به کار اشتغال داشته اند ۱۹٪ بیشتر بوده است در حالیکه بازده کارشان نسبت به همان گروه ۴٪ کمتر نشان می داد.

مستندات قانونی

مواد ۸۵ ، ۹۲ ، ۹۵ قانون کار و مواد ۸۸ ، ۹۰ قانون تأمین اجتماعی بطور مستقیم و غیرمستقیم و نیز تبصره ۱ ماده ۹۶ قانون کار ، ماده ۱۳ آئین نامه کارهای سخت و زیان آور ، موضوع ماده ۵۲ قانون کار به موضوع صدا اشاره دارد.

مستندات آماری

صدا از جمله عوامل فیزیکی است که برای بیشتر کارگران آزار دهنده است. پژوهشهای پرسشنامه ای در کارخانه های صنعتی نشان می دهد که از نظر کارگران ، بزرگترین مشکل موجود در محیط کار ، آلودگی صوتی است (کارلسون ۱۹۸۹).

انجمنیتیتو ملی بهداشت و ایمنی شغلی (NIOSH)^(۱) اظهار کرده است که نزدیک به ۲۰۰ میلیون کارگر در ایالات متحده آمریکا از افت شنوایی ناشی از صدا (NIHL)^(۲) خسارت دیده اند. طبق تخمین NIOSH ، ۱۴ درصد از جمعیت کل کارگران در محیطهایی بکار گرفته می شوند که تراز صدا در آنها از 90dB تجاوز می کند.

برآوردهایی که اخیراً در کشورهای آمریکایی صورت گرفته ، حاکی از آن است که ۳۰ میلیون نفر این کشورها در محلهایی با میزان سروصدای بیش از 85 dB کار می کنند که این میزان می تواند برای شنوایی خطر مهمی محسوب شود. آمارهای قبلی نشان داده که تقریباً ۳/۲ درصد افراد تا حدودی دچار کاهش شنوایی هستند. نسبت افراد مبتلا به کاهش شنوایی با افزایش سن بالا می رود که این نسبت در افراد شاغل در صنایع پرسروصدا بیشتر است.

صوت و ماهیت آن

امواج صوتی ، شکلی از امواج مکانیکی طولی هستند که در محیطهای مادی منتشر شده و در برخورد با گوش انسان احساس شنیدن را ایجاد می کنند و در یک تقسیم بندی ساده ، اصوات را از

1- National Institute for Occupational Safety and Health
2- Noise Induced Hearing Loss

نظر احساس فیزیولوژیک به دو دسته تقسیم می کنند ، یکی اصوات موسیقی که اصوات منظم و خوشایند هستند و دیگری سروصدا (نوفه) که به اصوات نامنظم و ناخوشایند معروفند.

به طور کلی اصوات به هر شکلی که باشند با سه مشخصه اصلی معرفی می گردند:

۱- فرکانس : محدوده فرکانس قابل درک برای انسان ۱۶ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است و امواج خارج از

این محدوده فرکانس را مادون و ماوراء صوت می نامند. شناخت فرکانسها در مباحث کنترلی و انتخاب گوشیهای حفاظتی بسیار مهم و اساسی است.

۲- طول موج : یکی از مهمترین پارامترها در کنترل صدا طول موج است. شناخت این پارامتر

در انتخاب عایق های صوتی و فواصل نصب آنها تعیین کننده خواهد بود .

۳- سرعت : ما از سرعت امواج صوتی در محاسبه میزان امپدانس صوتی (Z) استفاده می

کنیم. هر چه محیط چگالتر باشد ، مقاومت صوتی بیشتری خواهد داشت و انعکاس بیشتر خواهد

بود. این موضوع نیز در کنترل صدا نقش مهمی ایفا می کند و ما در جذب صدا همیشه سعی بر این

داریم که از محیطهایی با چگالی کمتر استفاده کنیم.

Sound Measurement Scales

کمیات اندازه گیری صوت

برای بیان و اندازه گیری صوت دو گروه از کمیات بکار می روند:

الف- کمیات فیزیکی (مطلق) : توان صوت ، شدت صوت ، فشار صوت.

ب- کمیات لگاریتمی (تراز) : تراز توان صوت ، تراز شدت صوت ، تراز فشار صوت.

توان صوت

توان صوت بر حسب وات (W) مقدار انرژی صوتی است که در واحد زمان در منبع صوتی تولید می

$$W = \frac{J}{S} \text{ شود.}$$

کمترین توان صوتی که می تواند گوش انسان را تحریک کند برابر با $10^{-12} w$ است. این میزان را

توان مبنا یا آستانه درک توان صوت می نامند. البته این درک برای فرد جوان و دستگاه شنوایی سالم

می باشد. بیشترین توان صوتی که گوش انسان می تواند بدون احساس درد تحمل نماید $100w$ است.

شدت صوت (I)

شدت صوت بر حسب w/m^2 مقدار انرژی صوتی است که در واحد زمان از واحد سطح می

$$I(w/m^2) = \frac{W}{A} \quad \text{گذرد. سطح مذکور عمود بر راستای انتشار امواج است.}$$

کمترین شدت صوتی که می تواند برای گوش انسان قابل درک باشد برابر با $10^{-12} w/m^2$ است. این میزان را شدت صوت مبنا و یا آستانه درک شدت صوت می نامند. بیشترین شدت صوتی که گوش انسان بدون درد قادر به تحمل آن است ، $100 w/m^2$ است.

فشار صوت (P)

فشار صوت بر حسب پاسکال (N/m^2) Pa در سیستم MKS و میکروبار (dyn/cm^2) μbar

$$1Pa = 10^{-5} \mu bar \quad \text{در سیستم CGS عبارت از نیروی وارد بر سطح است.}$$

کمترین فشار موج صوتی که می تواند گوش انسان را تحریک کند ، $2 \times 10^{-5} Pa = 2 \times 10^{-4} \mu bar$ است که به آن فشار مبنا یا آستانه درک حسی انسان از فشار صوت می نامند. البته لازم به یاد آوری است که گوش انسان کم و یا زیاد شدن متناوب فشار هوا را در مجاورت پرده صماخ به یک اندازه درک می کند. بیشترین فشار صوتی که گوش انسان می تواند آن را بدون احساس درد تحمل نماید 200 پاسکال و یا $2000 \mu bar$ است.

کمیات لگاریتمی

در مقیاس مطلق دامنه کمترین مقدار قابل درک (آستانه احساس) با بیشترین میزانی که گوش انسان بدون درد قادر به تحمل آن می باشد (آستانه دردناکی) وسیع است. این محدوده برای توان و شدت صوت 10^{14} و برای فشار 10^7 واحد آنها است.

معلوم شده است که درک شنوایی انسان نسبت به تغییرات مقادیر مطلق، به صورت لگاریتمی است. تبدیل کمیت مطلق به کمیت لگاریتمی از یک نسبت (تراز) محاسبه و بر حسب دسی بل (یک دهم بل) با علامت (dB) بیان می شود.

تراز

عبارت است از نسبت کمیت اندازه گیری شده به کمیت مبنا (آستانه درک). این نسبت ها به ترتیب برای توان، شدت و فشار $\frac{W}{W_0}$ ، $\frac{I}{I_0}$ و $\frac{P}{P_0}$ است. در این نسبت ها صورت کسر مقادیر اندازه گیری شده صوت و مخرج کسرها آستانه درک آنها توسط گوش انسان است. در مقیاس لگاریتمی سه کمیت فوق با واحد دسی بل معرفی می گردند یعنی:

۱- تراز توان صوت ۲- تراز شدت صوت ۳- تراز فشار صوت

تراز توان صوت^۱ (SWL (LW)

توان صوت مربوط به منبع صوتی است و روابط مربوط به تراز توان صوت به صورت ذیل می باشند:

$$SWL(dB) = LW = 10 \log \left(\frac{W}{W_0} \right)$$

$$SWL = 10 \log W + 120$$

$$W = \text{antiLog} \left[\frac{SWL - 120}{10} \right] \Rightarrow W = 10^{\left(\frac{SWL - 120}{10} \right)}$$

W - توان مطلق منبع صوتی بر حسب W

W₀ - توان مبنا یا آستانه درک فیزیولوژیک توان صوت 10^{-12} w

تراز شدت صوت^۲ (SIL (LI)

روابط مربوط به تراز شدت صوت به قرار زیر است :

¹ - Sound Power Level

² - Sound Intensity Level

$$SIL(dB) = LI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

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

$$I = \text{antiLog} \left(\frac{SIL - 120}{10} \right) \Rightarrow I = 10^{\left(\frac{SIL - 120}{10} \right)}$$

$I =$ شدت مطلق صوت در نقطه اندازه گیری بر حسب 10^{-12} W/m^2

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

تراز فشار صوت 3 SPL (LP)

در بررسی های محیط کار به منظور ارزیابی محیطی و نیز ارزیابی مواجهه کارگر ، تراز فشار صوت بیشترین استفاده را دارا می باشد. علت این امر در ماهیت فشار و نحوه انتشار صوت و بالاخره نحوه وارد شدن فشار بر پرده صماخ گوش می باشد. از طرف دیگر اندازه گیری فشار صوت هوایی نیز عملی تر می باشد.

$$SPL(dB) = LP = 10 \log \left(\frac{P^2}{P_0^2} \right) = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

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

$$P = \text{antiLog} \left(\frac{SPL - 94}{20} \right) \Rightarrow P = 10^{\left(\frac{SPL - 94}{20} \right)}$$

$P =$ فشار مطلق صوت در نقطه اندازه گیری Pa

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

استانداردهای مربوط به صدا

در گذشته برای صدای کوبه ای و پیوسته استاندارد مواجهه متفاوت بود ولی در چند سال اخیر یک الگوی واحد برای مواجهه مجاز مورد پذیرش قرار گرفته است. اصولاً در بیان حد مجاز صدا یک

³ - Sound Pressure Level

تراز معین در شبکه توزین A برای ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کار هفتگی اعلام گردیده و حد سقفی برای مواجهه و نیز استاندارد دردناکی (140 dB) اعلام شده است .

در صورتیکه کارگر بیش از تراز مجاز مواجهه داشته باشد ، زمان مواجهه وی باید کاهش یابد.براساس قاعده ۲ یا ۳ یا ۵ دسی بل بطور قرار دادی به ازای افزایش ۲ یا ۳ یا ۵ دسی بل تراز فشار صوت مدت زمان مواجهه نصف می گردد.بر این اساس سازمانها و کشورهای مختلف از الگوهای متفاوتی پیروی می کنند.مهمترین مقادیر توصیه شده برای تراز مجاز فشار صوت و زمان مواجهه در جدول ۱ آمده است .استاندارد مورد پذیرش در ایران براساس توصیه کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور ، تراز فشار صوت ۸۵ دسی بل با قاعده ۳ دسی بل می باشد و در این بررسی نیز ما از همین حدود مجاز تحت عنوان OEL استفاده می کنیم.

جدول ۱ - استانداردهای مهم مواجهه با صدا در محیط کار

تراز فشار صوت مجاز برای ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کارهفتگی بر حسب dB	قاعده برای نصف شدن زمان مجاز مواجهه بر حسب dB	سازمان یا کشور توصیه کننده یا بکار گیرنده
۹۰	۳	NIOSH
۹۰	۵	OSHA
۹۰	۳	BOHS , ISO و کشورهای اروپایی و بلوک شرق
۸۵	۳	ACGIH و کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران

برای فرکانسهای مختلف نیز حدود مجاز مواجهه از سوی سازمانها و کشورهای مختلف توصیه شده است که برخی از این حدود در جدول ۲ آمده است .

جدول ۲ - استاندارد صدای محیط کار در فرکانسهای مختلف

فرکانس (HZ)								سازمان یا کشور
۸۰۰۰	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵	۶۳	
۹۱	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۴	۱۰۰	۱۰۶	OSHA
۸۶	۸۵	۸۵	۸۶	۸۸	۹۲	۹۶	۹۶	ACGIH و کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران
۸۶	۸۵	۸۵	۸۵	۸۶	۸۶	۸۵	۸۶	ANSI

روشهای اندازه گیری و ارزیابی صدا

به منظور اندازه گیری و ارزیابی صدا ، شناخت کامل نسبت به روش های اندازه گیری ، خصوصیات محیط کار و چگونگی مواجهه کارگر با صدا اهمیت دارد.

مهمترین نکاتی که می بایست قبل از اقدام به اندازه گیری و ارزیابی مورد توجه قرار گیرند،

شامل موارد زیر است:

۱- هدف از اندازه گیری (Purpose of sampling)

۲- انتخاب وسیله مناسب اندازه گیری (Selectio of Suitable Instruments)

۳- کالیبراسیون (Calibration of Instrument)

۴- گردآوری اطلاعات دقیق از کارگاه و نحوه مواجهه کارگر (Dada Collecting)

۵- تعیین ایستگاههای اندازه گیری

۶- انجام اندازه گیری و ثبت نتایج

۷- ارزیابی اعداد بدست آمده توسط مقایسه با استاندارد ها

هدف اندازه گیری

قبل از اقدام به اندازه گیری باید هدف کار معلوم گردد ، زیرا برای دستیابی به هر هدف روش اندازه گیری ، دستگاه و نحوه ارزیابی متفاوت خواهد بود. اندازه گیری صدا در این بررسی و در شرکت بلور نوری تازه بر طبق اهداف زیر انجام گرفت:

(۱) اندازه گیری محیطی صدا

(۲) اندازه گیری به منظور آنالیز فرکانس با هدف تعیین روش و چگونگی کنترل صدا

(۳) اندازه گیری به منظور تعیین میزان مواجهه کارگر

انواع مطالعه سروصدا در یک کارگاه به سه صورت زیر انجام می پذیرد:

الف - مطالعه مقدماتی صدا : در این بررسی ، تنها نیاز به یک دستگاه ترازسنج صوت است و بوسیله این دستگاه می توان معین نمود که صدا بالاتر و پایین تر از حدود مجاز است.

ب - مطالعه کلی صدا : در این بررسی ، احتیاج به یک تراز سنج و یک آنالیزور می باشد تا مشخص شود در هر فرکانس شدت صوت چقدر است و با منحنی استاندارد صدا مقایسه گردد.

ج - مطالعه تحقیقاتی صدا : در این بررسی ، علاوه بر صداسنج و آنالیزور ، دستگاههای دزیمر و ادیو متر نیز لازم است تا بررسی کامل شده و تأثیرات صدا بر روی کارگران مشخص شود.

برای بررسی سروصدا باید صدای موجود در محیط کار را اندازه گیری کرد که این کار به دو روش

زیر انجام می گیرد:

General Method

الف - روش عمومی

در اندازه گیری به روش عمومی ابتدا باید نقشه کار گاه تهیه شود و بعد محل استقرار دستگاهها را روی نقشه مشخص کنیم و سپس کارگاه را شبکه بندی می کنیم. شبکه بندی کارگاه به این صورت است که کل کارگاه را به مربع های مساوی تقسیم می کنند (2x2 متر) و بعد وسط هر مربع و یا چهار گوشه مربع را اندازه گیری می کنند. در این کار فاصله دستگاه صداسنج از بدن باید حدود 1m باشد تا انعکاس صدا از سطح بدن وی بر روی دستگاه اثر نگذارد. همچنین چون هدف از این اندازه

گیری بدست آوردن سروصدای موجود در کارگاه و میزان تأثیر آن روی افراد است ، ارتفاع دستگاہ صداسنج از سطح زمین می بایستی در حدود 1.5m باشد.

در هنگام کار مربع هایی را که دستگاہ در آن قرار دارند انداز گیری نمی کنیم ، زیرا خطای زیادی بوجود می آورد.

Local Method

ب - روش موضعی

در این روش به محل قرار گرفتن منبع صوتی توجهی نداریم. هر جایی که فرد قرار دارد صدا را اندازه گیری می کنیم. در این حالت دستگاہ صداسنج را در کنار گوش فرد قرار می دهیم تا میزان صدای وارد شده به گوش فرد را بدست آوریم. اگر فرد متحرک باشد مکانهای استقرار فرد را اندازه گیری می کنیم و بعد میانگین آن را حساب می کنیم.

ابزار های مورد نیاز برای اندازه گیری صدا

هیچ روش و یا پروسه واحدی برای اندازه گیری سروصدا در محیط کار وجود ندارد. متخصصان ایمنی و بهداشت شنوایی می توانند که از انواع ابزارها و وسایل جهت اندازه گیری صدا استفاده کرده و ابزارها و نرم افزار های مختلفی را برای تجزیه و تحلیل اندازه گیری های خود به کار گیرند. انتخاب یک وسیله و روش بخصوص برای اندازه گیری و تجزیه و تحلیل سر و صدا در محیط کار به عوامل بسیاری بستگی دارد ، اما با این وجود حداقل به هدف اندازه گیری و محیطی که قرار است صدا در آنجا اندازه گیری شود بستگی دارد. به طور کلی روشهای اندازه گیری باید با استانداردهای ملی اندازه گیری تماس شغلی سر و صدا در آمریکا وابسته به انستیتو استانداردهای ملی آمریکا (ANSI S12.19-197) مطابقت داشته باشند.

در محیط هایی با صدای پیوسته ، دستگاہ را پس از کالیبره کردن روی شبکه A ، سرعت پاسخگویی Slow و شبکه تنظیم فشار صوت روی Prms و تراز فشار صوت SPL قرار می دهیم و پس از اندازه گیری مقادیر را در جدول ثبت می کنیم و بر اساس استاندارد ACGIH رنگ آمیزی می کنیم.

نقاط	$< 75dB$	سبز = ایمنی
نقاط	$75 - 85dB$	زرد = هشدار
نقاط	$> 85dB$	قرمز = خطر

وسایل اندازه گیری صوت

Sound Level Meter (SLM)

تراز سنج صوت

این دستگاه برای اندازه گیری تراز فشار صوت طراحی گردیده است هرچند که قابلیت و توانایی ترازسنج های صوتی می تواند متنوع باشد، اما هر تراز سنج صوت دارای حداقل سه بخش اساسی زیر است :

الف - میکروفن Microphon

ب - پردازشگر Prossecor

ج - نمایشگر Display

کار هر میکروفن مبتنی بر اعمال فشار صوت بر سطح دیافراگم آن و ایجاد جریان متناظر الکتریکی است. در پردازشگر بسته به قابلیت دستگاه و نیاز اپراتور، اطلاعات دریافتی از میکروفن تقویت، و پردازش شده و توسط نمایشگر عقربه ای یا دیجیتال مقادیر نمایش داده می شود.

انواع میکروفن به چهار گروه تقسیم می شود که شامل :

۱- کریستالی Scheramic(Crystal)

۲- الکترو Electre

۳- دینامیک Dynamic

۴- خازنی Codenser

پردازشگر دستگاه تراز سنج شامل تقویت کننده پالس، کاهش دهنده، شبکه توزین فرکانس، شبکه سرعت پاسخ دستگاه و مدارهای محاسب برای منظورهای خاص می باشد. نمایشگر دستگاه تراز

سنج صوت می تواند عقربه ای، نوار نورانی یا نقطه نورانی باشد. دقت اندازه گیری و قرائت در نوع دیجیتالی بیشتر بوده و از این نظر ارجحیت دارد.

انواع تراز سنجهای صوت

بر اساس استاندارد شماره ANSI – SI4 – 1971 (انستیتوی استاندارد ملی آمریکا) ترازسنجها

در ۴ گروه طبقه بندی می شوند :

گروه ۱ : ترازسنجهای نوع دقیق که 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.

گروه ۲ : نوع استفاده عمومی کیفیت پایین تری نسبت به گروه ۱ دارند ولی در اهداف بررسی

صدا در محیط کار قابل استفاده می باشند.

گروه ۳ : نوع بازرسی بعلت کارآیی و دقت پائین برای اهداف بازرسی یا مانیتورینگ کاربرد دارند

و دقت آنها حدود 5dB است.

گروه S : نوع استفاده ویژه که با توجه به مشخصات مربوط به محیط استفاده و نوع استفاده

طراحی و کاربرد ویژه دارند. این دستگاه ممکن است جزئی از دستگاه دیگر باشد.

طرز استفاده از دستگاه

دستگاه را با استفاده از دکمه on روشن کرده و برای اندازه گیر تراز فشار صوت دستگاه را در

شبکه A قرار داده و روی دکمه low قرار داده و در ایستگاههای مربوطه اندازه گیری می کنیم. اگر

در اندازه گیری ما، ایستگاهی بالای حد استاندارد بین المللی بود، دستگاه را روی شبکه C قرار داده و

در آن ایستگاه تراز سنجی را در فرکانسهای مختلف انجام می دهیم.

کالیبراسیون دستگاه صداسنج صوت

برای اطمینان از صحت کار اندازه گیری توسط تراز سنج صوت لازم است ابتدا آن را با یک مولد

صوتی استاندارد کالیبره نموده ، این مولد کالیبراتور استاندارد است. این دستگاه در فرکانسهای معین

مثلاً LKHR یا 25HZ تراز معینی از صوت خالص برابر ۴۹ یا ۱۱۴ دسی بل تولید می کند.

کالیبراتور ، استفاده شده برای دستگاه صداسنج از نوع خارجی می باشد و در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز ۹۴dB را تولید می نماید. برای انجام این عمل دستگاه بر روی سرعت Fast و شبکه A و حالت SPL_{rms} قرار داده شده است. پس از نصب کالیبراتور بر روی صداسنج و روشن کردن آن، صداسنج به وسیله پیچ تنظیمی که بر روی آن قرار دارد کالیبره می شود.

ارزیابی فردی

در اندازه گیری به منظور تعیین حدود مواجهه کارگر باید در نظر داشت که اندازه گیری صرفاً از محل های توقف کارگر و در ناحیه شنوایی وی انجام گیرد. ارزیابی مواجهه با صدا مستلزم اندازه گیری صوت در مقیاس A و مدت زمان مواجهه برای هر کارگر به طور مجزا می باشد. اگر کارگر با ترازهای فشار معین و متفاوت در زمان های مختلف و مشخص مواجهه داشته باشد برای هر مواجهه مقادیر را اندازه گیری کرده و با استفاده از فرمول زیر تراز معادل ۸ ساعته برای هر کارگر محاسبه می شود.

$$SPL_{TWA} = \frac{SPL_1 T_1 + SPL_2 T_2 + \dots + SPL_n T_n}{8}$$

SPL_{TWA} = تراز فشار کلی سبک و سنگین شده

SPL = تراز فشار صوت در هر نقطه

T = زمان مواجهه در هر نقطه

با توجه به اینکه هیچ کدام از کارکنان به طور متغیر کار نمی کنند و تمام افراد در پستهای شغلی ثابت مشغول به فعالیت اند ، عملاً ارزیابی فردی نتیجه ای نخواهد داشت.

در ارزیابی محیطی تمام نقاط خطر (قرمز رنگ) را در فرکانسهای ۶۳ ، ۱۲۵ ، ۲۵۰ ، ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ ، ۲۰۰۰ ، ۴۰۰۰ ، ۸۰۰۰ اندازه می گیریم و در آخر نتایج حاصل را با نمودار استاندارد مقایسه می کنیم.

شبکه های سنجش بسامد

گوش انسان در فرکانس های مختلف دارای عکس العمل های یکسانی نبوده و پاسخ آن برای فرکانس های مختلف متفاوت است ، به طوری که در فرکانس های اطراف 4000Hz دارای بیشترین حساسیت بوده و کمترین حساسیت را برای فرکانس های پایین دارد. پاسخ های تراز سنج صدا به گونه ای با شبکه های سنجش بسامد همساز شده اند که نشان دهنده پاسخ های گوش انسان باشد. شبکه A ، که پاسخ آن مشابه پاسخ گوش انسان به صدا عمل می کند و تراز اندازه گیری شده در این وضعیت بر حسب dBA بیان می گردد ، که به سطوح متوسط صدا پاسخ بیشتری می دهد و معمولا در اندازه گیری صدا به منظور ارزیابی اثرات آن بر روی انسان به کار گرفته شده و در بسیاری از استاندارد های صدای محیط کار به ثبت رسیده است. جدول ۳ ویژگیهای این شبکه ها (مقیاس ها) را نشان می دهد.

جدول ۳ - پاسخ نسبی شبکه های مختلف تراز سنج صوت

* جدول زیر بر گرفته از استاندارد ANSI می باشد.

پاسخ های سنجیده شده (dB)			فرکانس مرکزی اکتاو باند (HZ)
شبکه C	شبکه B	شبکه A	
-۳	-۱۷/۱	-۳۹/۴	۳۱/۵
-۰/۸	-۹/۳	-۲۶/۲	۶۳
-۰/۲	-۴/۲	-۱۶/۱	۱۲۵
۰	-۱/۳	-۸/۶	۲۵۰
۰	-۰/۳	-۳/۲	۵۰۰
۰	۰	۰	۱۰۰۰
-۰/۲	-۰/۱	۱/۲	۲۰۰۰

-۰/۸	-۰/۷	۱	۴۰۰۰
-۳	-۲/۹	-۱/۱	۸۰۰۰
-۸/۵	-۸/۴	-۶/۶	۱۶۰۰۰

توزین زمانی نمایی (لگاریتمی)

به طور کلی پاسخ یک تراز سنج صدا هم بر اساس پاسخ سریع (FAST) و هم بر اساس پاسخ آرام (SLOW) به صورت متوسط نمایی (لگاریتمی) می باشد. توزین زمانی FAST بر طبق ۱۲۵ میلی ثانیه در واحد زمانی است و شبکه توزین زمانی SLOW بر طبق ۱ میلی ثانیه ، در واحد زمانی است. دستگاه تراز سنج به گونه ای است که در طول یک مدت زمان ثابت حدود ۶۳٪ از قرائت حالت ثابت نهایی را نشان می دهد. انتخاب سرعت پاسخ (SLOW و یا FAST) بستگی به نوع صدایی که اندازه گیری می شود ، هدف مورد نظر در اندازه گیری ها و ویژگیهای هر استاندارد قابل اندازه گیری دارد. برای اندازه گیری معمولی و روتین صدا ، NIOSH پیشنهاد می کند که سرعت پاسخ تراز سنج صدا بر روی کلید SLOW تنظیم شود.

اندازه گیری انجام شده در شرکت بلور نوری تازه:

نام کارگاه: فاز ۱

زمان: ۹-۱۳

جنس دیوار: آجر

جنس سقف: پشم شیشه

جنس کف: بتون

شبکه اندازه گیری: A و C

ایستگاه بندی: ۲×۲

ارتفاع میکروفن از کف: ۱/۲ متر

منابع مولد صوت: پرس فرم - کمپرسورها - کوره - تهویه

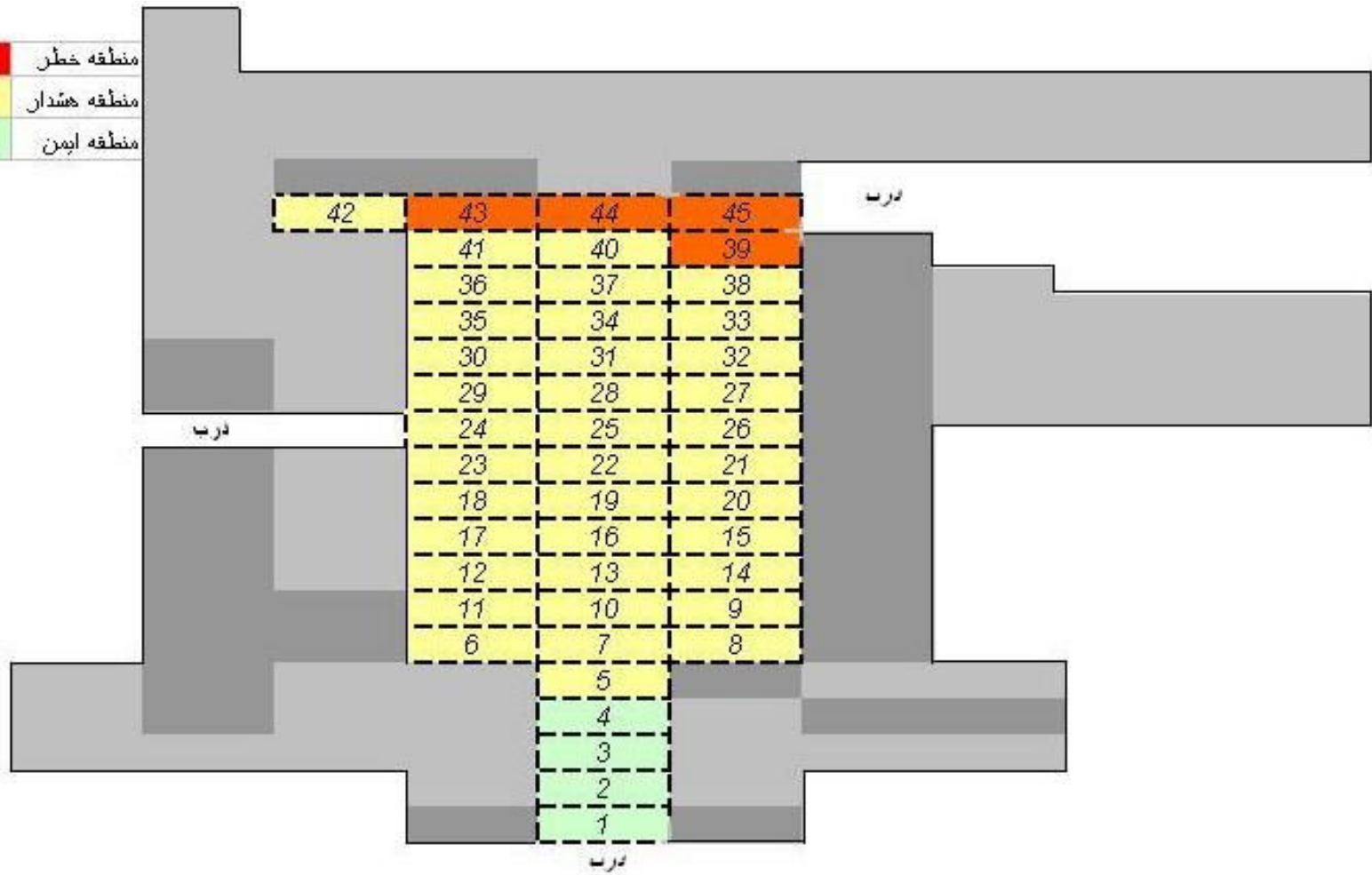
تعداد ایستگاه: ۴۵

ایستگاههای اندازه گیری در فاز یک

ایستگاه	dB(A)	ایستگاه	dB(A)	ایستگاه	dB(A)
1	68/2	16	80/6	31	82/9
2	68/9	17	80/8	32	80/7
3	70/9	18	80/8	33	82
4	74/3	19	80/9	34	83/1
5	77	20	81/2	35	83/1
6	77/4	21	81/3	36	83/5
7	78/8	22	81/7	37	83/7
8	79/3	23	81/7	38	83/9
9	79/4	24	81/6	39	85/2
10	79/8	25	80/8	40	84/3
11	80	26	82	41	84/7
12	80/1	27	82/4	42	84/4
13	80/1	28	82/4	43	85/1
14	80/4	29	82/8	44	85/2
15	80/5	30	82/8	45	85/1

○ نقشه ایستگاههای اندازه گیری شده در فاز یک

85 dB <		منطقه خطر
75-85 dB		منطقه هشدار
< 75 dB		منطقه ایمن



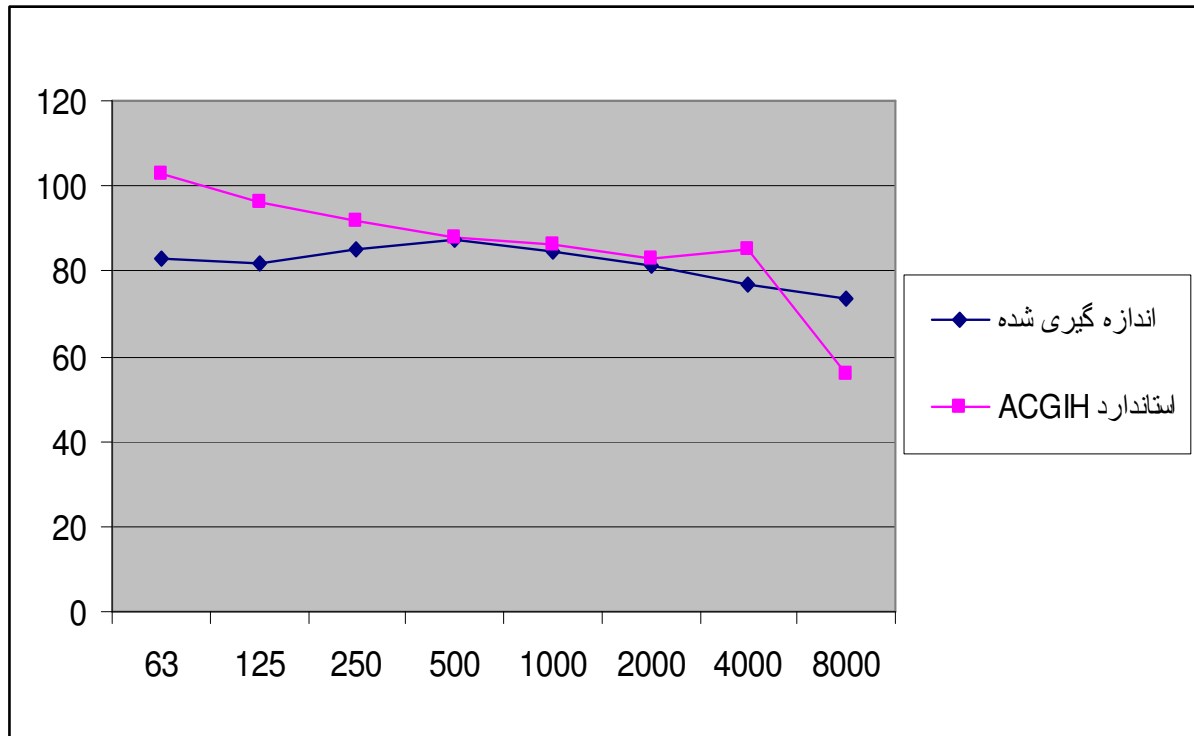
3SD	2SD	1SD	میانگین	max	min	تعداد نقاط	نام سالن
۱۱/۰۴	۷/۳۶	۳/۶۸	۸۰/۸۵	۸۵/۲	۶۸/۲	۴۵	فاز ۱

ضریب اطمینان	انحراف معیار	محاسبات	محدوده ترازها
%۶۸	$\pm 1SD$	$80.85 + 3.68$	84.53
		$80.85 - 3.68$	77.17
%۹۵	$\pm 2SD$	$80.85 + 7.36$	88.21
		$80.85 - 7.36$	73.49
%۹۹/۹	$\pm 3SD$	$80.85 + 11.04$	91.89
		$80.85 - 11.04$	69.81

تفسیر نتایج

با توجه به جداول صفحات قبل مشاهده می شود که متوسط میانگین صوت در این سال ۸۰/۸۵ دسی بل است و نیز Max و Min مقادیر اندازه گیری شده به ترتیب برابر ۶۸/۲ و ۸۵/۲ دسی بل می باشد که صداهای اندازه گیری شده بین ترازهای ۷۷/۱۷ تا ۸۴/۸۳ دسی بل و %۹۵ صداهای اندازه گیری شده بین ۷۳/۴۹ تا ۸۸/۲۱ دسی بل و %۹۹ صداهای اندازه گیری شده بین ترازهای ۶۹/۸۱ تا ۹۱/۸۹ دسی بل می باشد.

نمودار تراز فشار صوت در فرکانسهای مختلف و مقایسه آن با استاندارد



پارامترها	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
فشار صوت اندازه گیری شده	83.07	82.07	85.22	87.6	84.5	81.17	76.97	73.55
استاندارد ACGIH	103	96	92	88	86	83	85	56

Noise Analysis

آنالیز صدا

بعد از اندازه گیری عمومی سروصدای کارگاه ، نقاطی که تراز فشار صوت آنها بالای حد استاندارد (85dBA) است آنالیز می شود. پس از آنالیز صوت منحنی آنالیز صوتی این نقاط رسم می شود و با منحنی استاندارد صوتی مقایسه می شود. برای نقاط مورد نظر دو هدف مورد توجه قرار می گیرد :

۱- کنترل صدا Engineering Noise Control

۲- انتخاب گوشی با تعیین میزان حفاظت دهی گوشی

Selection of Hearing Protection Device

برای دستیابی به اهداف ذکر شده بسته به نوع هدف ، شبکه اندازه گیری انتخاب می شود که برای اهداف کنترل صدا از شبکه C و یا Lin استفاده می شود. اگر شبکه A مورد نظر باشد ، چون تغییرات شبکه ای A زیاد است باید تصحیحات ترازها انجام شود.

جدول ۴ - تجزیه فرکانسهای نقاط بالای حد استاندارد

نقاط بالا	SPL	فرکانسهای تجزیه							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
۳۹	۸۵/۲	۸۲/۴	۸۴	۹۰	۹۲/۳	۸۹/۸	۸۴/۴	۷۹/۳	۷۴/۲
۴۳	۸۵/۱	۸۱/۴	۸۱	۸۴/۹	۸۵/۳	۸۸/۷	۸۰/۸	۷۸/۳	۷۵/۶
۴۴	۸۵/۲	۸۴/۸	۸۰/۹	۸۲	۸۵/۴	۸۶/۳	۷۹/۹	۷۷/۱	۷۳/۲
۴۵	۸۵/۱	۸۳/۷	۸۲/۴	۸۴	۸۷/۴	۷۳/۲	۷۹/۶	۷۳/۲	۷۱/۲
میانگین لگاریتمی		۸۳/۰۷	۸۲/۰۷	۸۵/۲۲	۸۷/۶	۸۴/۵	۸۱/۱۷	۷۶/۹۷	۷۳/۵۵
ضریب تصحیح		-۳۶/۲	-۱۶/۲	-۸/۷	-۳/۳	۰	+۱/۲	+۱	-۱/۱

شبکه A								
تراز تصحیح شده	۴۶/۸۷	۶۵/۸۷	۷۶/۵۲	۸۴/۳	۸۴/۵	۸۲/۳۷	۷۷/۹۷	۷۲/۴۵
	۶۵/۸۷		۸۵		۸۶/۵		۷۹/۰۷	
	۸۵/۱				۸۷/۲			
	تراز کلی صدا در سالن فاز ۱ = ۸۹/۳ dB A							

Hearing Protection Selection

انتخاب گوشی

جهت انتخاب گوشی پارامترهای زیر مورد توجه است که مقادیر آن در جداولی که همراه کاتالوگ

گوشی است ذکر می شود:

۱- میانگین میزان کاهشدهی (MV)

۲- انحراف معیار (SD)

۳- میزان حفاظت دهی تخمین زده شده (APV)

با توجه به تراز کلی صدای به دست آمده در این سالن (۸۹/۳ dBA) گوشی Ear muff با

مشخصات زیر پیشنهاد می گردد.

استاندارد BS 5108				نام گوشی Ultra muff 2				
فرکانس (H2)	۶۰	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰
توان کاهشدهی	۱۴	۹	۱۵	۲۴	۳۳	۳۳	۲۸	۲۹/۹
انحراف معیار	۴	۴	۳	۴	۴	۴	۵	۵

روش انتخاب گوشی

ابتدا مقادیر مربوط به ردیف های میانگین کاهندگی و انحراف معیار را از هم کم می کنیم. اعداد بدست آمده برابر با میزان حفاظت دهی گوشی است (اطمینان $MV \pm 1SD = 68\%$) سپس مقادیر مربوط به ردیف های حفاظت دهی گوشی و تراز فشار صوت در شبکه ، از هم کم می شوند که نتیجه آن تراز دریافتی گوشی است. نتایج نهایی به صورت منحنی رسم می شود و با منحنی استاندارد و منحنی نقطه مورد نظر در کارگاه مقایسه می شود که باید زیر حد منحنی کارگاه و استاندارد باشد.

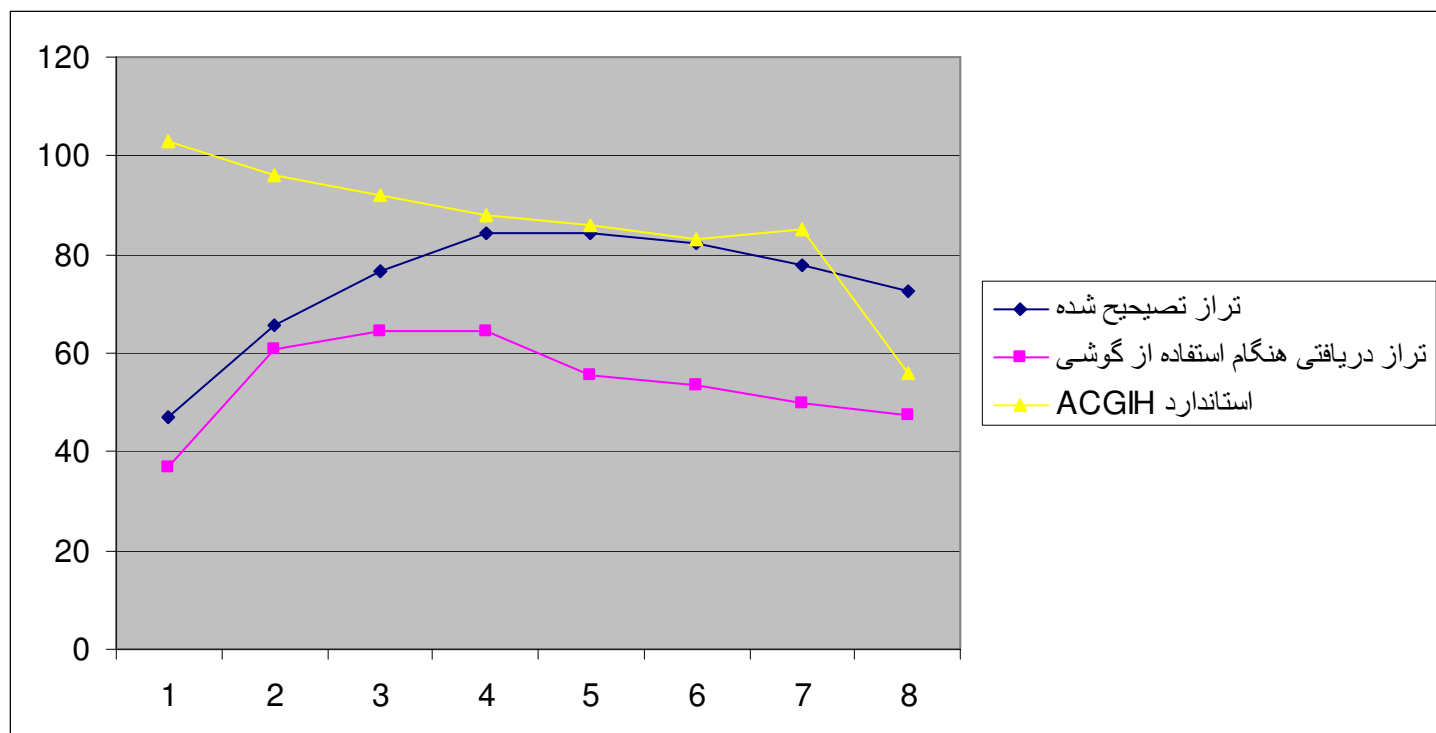
هرچه منحنی گوشی از منحنی استاندارد فاصله بیشتری داشته باشد ، میزان کاهندگی گوشی بیشتر و در نتیجه گوشی مناسبتر است. بر طبق محاسبات میزان کاهندگی این گوشی ۲۸/۵ دسی بل بوده و با توجه به این که حداکثر صدای موجود در کارگاه که آنالیز شده است ، میزان دریافت شده بعد از استفاده از گوشی در فرکانس های مختلف بدست آمده است که این میزان نسبت به همه فرکانس های استاندارد ایران و ACGIH کمتر می باشد که در نمودار های صفحات بعد نشان داده شده است.

بر طبق نمودار های موجود در تمامی فرکانس ها صدای دریافت شده با استفاده از گوشی از شدت صوت منحنی استاندارد کمتر است.

محاسبه میزان تراز دریافت شده هنگام استفاده از گوشی

ارزش حفاظت دهی	۱۰	۵	۱۲	۲۰	۲۹	۲۹	۲۸	۲۴/۹
تخمینی گوشی								
تراز تصحیح شده	۴۶/۸۷	۶۵/۸۷	۷۶/۵۲	۸۴/۳	۸۴/۵	۸۲/۳۷	۷۷/۹۷	۷۲/۴۵
تراز دریافت هنگام	۳۶/۸۷	۶۰/۸۷	۶۴/۵۲	۶۴/۳	۵۵/۵	۵۳/۳۷	۴۹/۹۷	۴۷/۵۵
استفاده از گوشی	۶۰/۸۷		۶۷/۴۲		۵۷/۶		۵۱/۸۷	
	۶۸/۳۲				۵۸/۶			
تراز صدای دریافت شده تخمینی هنگام استفاده گوشی = ۶۸/۷۲dB A								

مقایسه تراز دریافتی گوشی با منحنی استاندارد و منحنی تراز تصحیح شده



	1	2	3	4	5	6	7	8
پارامترها	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
تراز تصحیح شده	46.87	65.87	76.52	84.3	84.5	82.37	77.97	72.45
تراز دریافتی هنگام استفاده از گوشی	36.87	60.87	64.52	64.3	55.5	53.37	49.97	47.55
استاندارد ACGIH	103	96	92	88	86	83	85	56

ارزیابی مواجهه فردی در شرکت نوری تازه

یکی دیگر از اهداف اندازه گیری صدا تعیین مدت زمان مواجهه روزانه افراد است که طبق

$$Ta(A.E.T) = \frac{480}{2^{0.333} \times [SPL - 85]}$$

فرمول زیر محاسبه میشود:

حال با استفاده از مدت زمان تماس و مواجهه می توان میزان دز صدای روزانه (Daily

Noise Dose) و یا همان D.N.D را نیز طبق فرمول زیر

$$D.N.D = \frac{C}{A.E.T}$$

محاسبه کرد:

در صورتی که D.N.D بیشتر از یک باشد شرایط نامطلوب می باشد و اگر D.N.D کمتر از

یک باشد در آن صورت شرایط برای کار مطلوب می باشد. میزان D.N.D و A.E.T برای

چند ایستگاه کاری محاسبه شده است که مقادیر آنها در زیر آمده است.

جدول ۶: اندازه گیری زمان مجاز تماس با سروصدا در قسمت کوره فاز ۲:

مکان	تراز فشار صوتی (dBA)	TLV(dBA)	زمان واقعی کاربه ساعت (hr)	A.E.T(min) به دقیقه	D.N.D بدون واحد	شرایط کار
۱	۹۷	۸۵	۷	۳۱/۷۵	۱/۸	نامطلوب
۲	۹۵	۸۵	۷	۳۸/۱۰	۱/۹	نامطلوب
۳	۱۰۲	۸۵	۷	۲۲/۴۱	۱/۳	نامطلوب
۴	۸۷	۸۵	۷	۱۹۰/۵	۱/۵	نامطلوب

۵	۱۰۰	۸۵	۷	۲۵/۴۰	۱/۸	نامطلوب
---	-----	----	---	-------	-----	---------

کنترل صدا

کنترل صدا به منظور کنترل اثرات آن و راحتی کارگر بوده و شامل روشهای کنترل مدیریتی و کنترل فنی است.

روشهای عمومی کنترل فنی

روشهای عمومی کنترل خود به سه گروه قابل تقسیم هستند: کنترل بر سازه یا Passive، کنترل مبتنی بر حفاظت فردی و مبتنی بر دفاع صوتی.

هریک از این روشها خود قابل تقسیم به زیر شاخه های خود هستند:

روش کنترل مبتنی بر سازه خود دارای مراحل و روشهایی است که بر اساس تشخیص مهندس

کنترل صدا مورد استفاده قرار می گیرد. اساس این مراحل در این روش، شامل مراحل زیر است:

الف) کنترل در منبع صوتی

ب) کنترل در مسیر انتشار

ج) حفاظت پرسنل از طریق پناهگاه سازی صوتی

پیشنهادهای:

۱- انتخاب صحیح دستگاه متناسب به فرآیند تولید

۲- نگهداری صحیح دستگاهها

۳- محل و نحوه استقرار دستگاه

۴- کنترل ارتعاش

۵- نصب کاهش دهنده صدا بر روی دستگاه

۶- تغییر در اجزاء کار دستگاه

۷- محصور کردن دستگاه

۸- مجزا نمودن منابع اصلی صدا از سایر منابع

۹- جداسازی بخش های پر صدا از سایر بخشهای کارگاه

۱۰- کنترل صدا مبتنی بر ایزولاسیون

۱۱- ایجاد پناهگاه صوتی برای کارگر

* تمامی روشهای کنترلی جهت سلامتی و رفاه کارگران است ولی به هر حال نباید کارفرما و منافع

اقتصادی او نادیده گرفته شود. پس الزام دارد که هر روش کنترلی به دقت و به صورت عملی با حداکثر

کارایی و حداقل هزینه انجام شود.

www.jalali-hse.blogfa.com