

بررسی و کاهش صدا در صنایع نساجی

بهرام جمشیدی^{۱*}، محمد اصابتی^۲، اسماعیل غنیان^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

۲- مدیرکل بازرسی کار، وزارت تعاون کار و رفاه اجتماعی، تهران، ایران

۳- مدیرکل، تعاون کار و رفاه اجتماعی استان سمنان، سمنان، ایران

* سمنان، صندوق پستی: ۱۷۹-۳۵۱۴۱، bahram.jamshidi@gmail.com

چکیده

افزایش سطح نویز با پیشرفت تکنولوژی به یک مشکل جدی در صنعت نساجی و یک خطر بحرانی شغلی برای کارگران آن تبدیل شده است. حداکثر سطح نویز برخی ماشین آلات نساجی بالای ۹۵ دسی بل است و قرار دادن تعدادی از ماشین آلات در یک سالن باعث می گردد که سطح نویز انباشته شده حداقل ۵ دسی بل بیشتر از حداکثر سطح نویز یک ماشین مجزا، افزایش یابد. بنابراین، معمولاً سطح نویز درون یک کارخانه نساجی از محدوده های مجاز تعیین شده توسط موسسه ملی سلامت و امنیت شغلی (NIOSH) بالاتر است و به حد خطرناکی می رسد. این مقاله کیفیت نویز و توزیع آن در یک کارخانه را تجزیه و تحلیل می کند. در این مقاله یک مدل ریاضی ایجاد می شود تا الگوی توزیع نویز را پیش بینی کند و این مدل با داده های جمع آوری شده نویز به دنبال روش های استاندارد تایید می شود. پائل های کنترل صدایی که از نظر اقتصادی بادوام هستند طراحی می شوند و یک اجرای آزمایشی انجام می شود تا اثربخشی این روش کنترل از نظر تجربی ثابت گردد. علاوه بر این، نویسندگان، کاربردهای احتمالی طرح پیشنهاد شده را ارائه و سودمندی آن را ارزیابی می کنند.

کلیدواژگان

تحلیل نویز، کنترل نویز، مدل الگوی نویز، اندازه گیری نویز

۱- مقدمه

با توسعه تکنولوژی، ماشین آلات مدرن و پرسرعت، تمام صنایع از جمله صنعت نساجی را فرا گرفته اند. ماشین آلات و دستگاه های مورد استفاده در کارخانجات نساجی دارای ماهیت متنوعی هستند و اکثر آنها به علت حرکت مداوم قطعات تولید کننده صدا، مانند اجزای پنوماتیک و دیگر اجزای مکانیکی پر سرعت، سطوح نویز بالایی از خود ساطع می کنند. سرعت عملیات ماشین آلات نساجی نیز همراه با افزایش راندمان و بهره وری این صنعت، بسیار افزایش یافته است. به موازات پیشرفت اقتصادی و تکنولوژی، مشکلات ناشی از نویز و سروصدا به سطح هشدار رسیده و باعث عواقب نامطلوب و تاثیرات سوء بر سلامت کارگران همراه گردیده است. در برخی ماشین آلات، حداکثر سطح نویز به ۹۵ دسی بل رسیده است. وقتی که یک تعداد ماشین در یک خط قرار می گیرند، سطح نویز انباشته شده به سطح خطرناک می رسد که کنترل نویز در این سطح کاملاً ضروری می شود. نویز به عنوان صدایی ناخواسته و بیش از اندازه تعریف می شود که به طور بالقوه منجر به سوزش و یا از دست دادن شنوایی می گردد، که می تواند از منابع شغلی و یا غیر شغلی نشأت گرفته باشد (روبرت و همکارانش [۱]). به عبارت دیگر، نویز یک صدای زائد و مایه رنجش است که منجر به مشکلات سلامتی و پیامدهای سوء اجتماعی می شود. از تاثیرات نویز بر سلامت انسان می توان به تاثیرات شنیداری مانند ناشنوایی دائمی یا موقتی و اثرات غیر شنیداری مانند، اختلال در خواب، تمرکز و برقراری ارتباط، آزردهی، از دست دادن کارایی فرد و افزایش فشار خون اشاره کرد [۲،۳،۴]. اثرات غیر شنیداری، مسائل اجتماعی از جمله فقدان روابط خانوادگی و اختلال در عملکرد کاری را در پی دارد [۶]. ممکن است در بروز حوادث شغلی و تصادفات جاده ای نقش داشته باشد. با این حال، داده های جمع آوری شده تاکنون، برای تایید قطعی چنین عباراتی به عنوان تاثیرات غیر شنیداری، کافی نیستند. سازمان بهداشت جهانی، برای کنترل مواجهه روز افزون انسان با سطوح بالای نویز،

استانداردهایی را برای سطوح نویز (محدوده های مواجهه با نویز) تنظیم و راهبردهایی را برای کنترل آن ارائه کرده است [۷،۸].

گوش انسان به همه فرکانس ها به جز فرکانس های ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلو هرتز حساس نیست. حتی در محدوده فرکانس های قابل شنیدن، یک صدا با بلندی ثابت و با فشار صوت یکسان، بسته به سن و شرایط هر فرد می تواند به طرز متفاوتی درک شود (ISO 389) [۹]. هنگام محاسبه یک مقدار از سطح نویز، برخی فرکانس ها نسبت به سایر فرکانس ها مهم تر می شوند. اثر ترکیبی نویزها، با توجه به سهم نسبی اجزای فرکانس صدا و درک متفاوت ناشی از محاسبه خطوط تراز صوتی، نقشه های مختلف وزن دهی شده ای را، برای نشان دادن سطوح نویز ارائه می دهند. سطوح نویز وزن دهی شده A و وزن دهی شده C غالباً برای اندازه گیری سطوح نویز استفاده می شوند. اثرات نامطلوب نویز با پارامترهای توصیفی مختلف مواجهه با نویز، مانند سطح فشار صوت و مدت زمانی که سطح نویز همچنان ادامه دارد، مشخص می شود. معیارهای خطر آسیب دیدگی گوش، روابط بین پارامترهای ذکر شده و احتمال ناشنوایی دائمی و موقتی را بیان می کند.

در سال ۱۹۷۲، موسسه ملی امنیت و سلامت شغلی، معیارهایی در خصوص یک استاندارد پیشنهادی برای مواجهه با نویز شغلی منتشر کرد [۱۰،۱۱] و پایه و اساس این استاندارد پیشنهادی را ارائه نمود تا خطر شیوع ناشنوایی دائمی را در نتیجه مواجهه با نویز شغلی کاهش دهد. این موسسه توصیه می کند که کارگران نباید به مدت ۸ ساعت کاری در معرض نویز بیشتر از ۸۵ دسی بل قرار بگیرند.

اهمیت کنترل نویز در صنعت نساجی روز به روز بیشتر افزایش پیدا می کند؛ چرا که آمار جهانی، وخامت مشکلات شنوایی کارگران در صنعت نساجی را نشان می دهد [۱۲،۱۳]. در روش سلسله مراتبی، تکنیک های کاهش نویز از حذف نویز با از بین بردن فیزیکی خطر، تعویض نویز با جایگزینی خطر، کنترل مهندسی با جداسازی از خطر، و کنترل اجرایی با تغییر در روشی که افراد با وسایل حفاظت فردی کار می کنند، طبقه بندی

دریافت شدند می تواند با وزن های مختلف فرکانس تقریب زده شود تا مقدار عدد (موج) مجزا به دست آید. مقیاس وزن دار A به طور گسترده ای استفاده می شود چرا که این مقیاس از یک دسته خطوط تراز بلندی صدا استفاده کرده (ISO 1987a) که پاسخ فرکانسی سیستم شنوایی را توصیف می کند. بنابراین مقیاس دسیبل وزن دار A یا dBA با کمی کردن (باعده نشان دادن) میزان حساسیت شنوایی انسان، ایجاد می شود. سطح نویزی که بر حسب واحد dBA بیان شده، می تواند مستقیماً با یک صداسنج اندازه گیری شود. شبکه وزن دهی C یک پاسخ تقریباً خطی تخت است و فقط در فرکانس های بسیار بالا و پایین افت دارد و بر حسب دسیبل بیان می شود. این مقیاس وزنی برای انتخاب محافظت کننده های گوش مورد استفاده قرار می گیرد. اختلاف بین سطوح نویز با وزن A و با وزن C در زمانی که تحلیل فرکانس نویز امکان پذیر نیست، با اندازه گیری مقدار فرکانس پایین به دست می آید. باصداسنج ها، تغییرات فشار، در جو می تواند اندازه گیری شود (سطح فشار صوت)، اما توان منبع (سطح توان صوت) نمی تواند اندازه گیری شود. با این حال فرمول زیر، رابطه بین سطح فشار صوت (SPL) و سطح توان صوت منبع (SWL) را برقرار می کند.

$$SWL = SPL_x + 10 \log(2\pi x^2) \quad (1)$$

که SPL_x سطح فشار صوت در x متر دورتر از منبع است و مدل نیمه کروی در تابش نویز در محیط فرض شده است. از معادله (۱)، نتیجه می گیریم که سطح فشار صوت در فاصله Y متر از منبع عبارت است از:

$$SPL_y = SPL_x - 20 \log \frac{Y}{x} \quad (2)$$

که SPL_y سطح فشار صوت در Y متر از منبع است. برای بررسی کیفیت صدا، یک طیف نویز با نرم افزار ویژه ای به نام اسپکتروم ویو^۱ تجزیه و تحلیل می شود. این نرم افزار یک برنامه تحلیلگر طیفی صدا است که امکان نمایش داده های صوتی را فراهم می کند و از کارت صدای کامپیوتر یا از یک فایل صوتی در فرمت گرافیکی طیف، یا در فرمت نمایش آبشاری به دست آمده است. داده ها در حوزه فرکانسی نمایش داده خواهند شد و نقطه هر داده بر روی نمودار نشان دهنده نقطه فرکانس در طیف صوتی است.

۲-۳- برآورد نویز

انسان می تواند مدت زمان کوتاه تری در سطوح نویز بالا تاب بیاورد و با هر ۵ دسیبل افزایش، مدت زمان مجاز برای قرار گرفتن در معرض نویز نصف می شود. محدوده مجاز مواجهه با نویز، توسط موسسه امنیت و سلامت شغلی تعریف شده و جدول ۱ مواجهه با نویز مجاز را به تصویر می کشد.

مدت مجاز مواجهه با سطح صوتی خاص که در جدول ۱ ارائه نشده، می تواند با معادله زیر محاسبه شود:

$$T = \frac{8}{2(L-90)/5} \quad (3)$$

که T مدت زمان مجاز بر حسب ساعت است و L سطح نویز اندازه گیری شده بر حسب دسی بل است.

با این حال، سطح فعالیت در مدت نویز، ۵ دسی بل پایین تر از سطح نویز مشخص شده در استاندارد ۱۹۱۰۰۹۵ موسسه امنیت و سلامت شغلی تعریف می شود. کل مواجهه با نویز روزانه از مواجهه با منابع مختلف نویز با سطوح متفاوت نویز تشکیل می شود که بیشتر از ۸۰ دسی بل در طول دوره های زمانی مجزا است.

می شوند [۱۴]. حذف نویز صنعت نساجی در کوتاه مدت عملی نیست، در حالی که ارتقای ماشین آلات کم سرو صدا تر به جای ماشین آلات پر سر و صدای موجود، ممکن است یک راه حل بلند مدت با ظهور تکنولوژی سبز و پایدار باشد. تکنیک های کنترل مهندسی با استفاده از وسایل حفاظت فردی در کوتاه مدت راه حلی عملی برای دستیابی به مشکل نویز می باشند. حداقل روش موثر- یعنی استفاده از پوشش حفاظت فردی- هنوز هم به ندرت و سختی در صنعت نساجی سریلانکا استفاده می شود. به همین دلیل زمان زیادی است که به سمت روش های کنترل مهندسی موثر تر حرکت کرده اند. در این مقاله، نویسندگان سعی می کنند تا کیفیت نویز را از نظر کمی و الگوی توزیع نویز در یک کارخانه نساجی، تجزیه و تحلیل کنند. روش تجزیه و تحلیل نظری در خصوص انتشار نویز به طور خلاصه بیان می شود و نظریه های اساسی بررسی می شوند. یک مدل ریاضی برای توزیع نویز ارائه می شود و این مدل بوسیله تطبیق داده های جمع آوری شده از کارخانه با دستورالعمل های استاندارد برای جمع آوری آنها اعتبار سنجی می گردند. بعد از بررسی منتقدانه تکنیک های در دسترس، کاهش نویز از نظر کمی، از میان آنها یکی از روشهای منطبق تر از نظر اقتصادی انتخاب گردید. یک اجرای آزمایش در کارخانه انجام شد و اثربخشی این روش کنترل نویز از نظر تجربی مورد تایید قرار گرفت.

۲-۲ مدل برآورد نویز

۱-۲- انتشار نویز

قطعات دارای ارتعاش باعث ایجاد اختلاف فشار در فضا می گردند و با تغییرات فشار منتقل شده بوسیله حرکت موج در سرتاسر فضا پخش می شود (بل جاسون و همکارانش [۱۵]). چنین تغییرات فشاری اگر در محدوده فرکانس قابل شنیدن گوش انسان باشند، صدا نامیده می شوند. انتشار صدا با سه جزء مشخص می شود که عبارتند از، منبع صدا که صدای مشخص شده با سطح توان صوت را تولید می کند؛ رسانگر صدا (محیط و اجزایی) که صوت بوسیله آن انتقال داده می شود و گیرنده یا دریافت کننده صوت که صدا به آن اصابت می کند که ممکن است یک میکروفون یا یک شخص باشد. سطح فشار صوت در پایان کار گیرنده، بلندی صدا یا نویز را تعیین می کند. از آنجایی که نویز، صدای ناخواسته و ناخوشایندی است، لذا باید در جهت حذف یا کاهش آن اقدام کرد. همانطور که گفته شد، انتشار نویز سه جزء اصلی دارد و می توان برای کنترل نویز، برای هر جزء به طور جداگانه اقدام کرد.

نویز هوا برد در محیط ساطع می شود و در اکثر موارد، انتشار نویز از یک مدل نیمه کروی پیروی می کند که یا برگرفته از زمین است (در مواردی که منبع نویز بسیار نزدیک به زمین باشد)، یا برگرفته از سقف است (در مواردی که منبع نویز بسیار نزدیک به سقف باشد).

۲-۲- اندازه گیری نویز

به طور کلی شکل موج نویز، در ماهیت پیچیده است، یا از یک طیف فرکانس تشکیل شده که هر جزء فرکانس، دامنه بزرگ و متفاوتی دارند. اندازه دامنه تغییرات فشار برای گوش انسان که برحسب دسیبل اندازه گیری شده، از ۲۰ میکرو پاسکال تا ۲۰ پاسکال می باشد. بنابراین کیفیت نویز توسط فرکانس مشخص می شود و انجام تحلیل های فرکانس به منظور تعیین سهم نسبی اجزای فرکانس به نویز کلی ضروری است، تا بتوان یک مکانیسم موثر کنترل نویز را طراحی کرد. اثر ترکیبی فرکانس های مختلف که به صورت نویز

کند و می توانند به عنوان موانع صوت^۵ در نظر گرفته شوند. افت تداخلی^۶ به علت موانع صوت در محدوده زیر سایه برابر است با:

$$IL = \log_{10} \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right] \quad (8)$$

که IL افت تداخلی است، Q جهت منبع نویز است، R ضریب ثابت اتاق است کوتاه ترین فاصله از منبع به فاصله و Q' بهترین جهت منبع به سمت محدوده سایه دار که برابر است با:

$$\hat{Q} = Q \sum_{i=1}^n \left[\frac{\lambda}{3\lambda + 20di} \right] \quad (9)$$

که λ طول موج نویز بر حسب متر است، و di اختلاف مسیر در مسیر پراشیده(منکسر) و مسیر مستقیم بین منبع و گیرنده نویز است. برای محاسبه سطح فشار نویز در موقعیت های مختلف، یک سیستم مختصات دکارتی سه بعدی تعریف می شود به طوری محل تقاطع محور ها در گوشه بالایی سمت چپ نقشه قرار می گیرد، محور X موازی با عرض ماشین قرار می گیرد و محور Y موازی با طول ماشین قرار می گیرد. مختصات Z نشانگر ارتفاع از سطح زمین است. در نقاط شبکه 0.1X0.1 متری و ۱.۵ متر بالاتر از سطح زمین، سطح فشار صوت تنها با در نظر گرفتن نویز تولید شده از اجکتورهای^۷ پنوماتیکی محاسبه می شود و فرض می شود که ماشین ها مکعبی شکل هستند. در محاسبه سطح فشار نویز در هر نقطه شبکه، تضعیف هوا، تضعیف به دلیل روزنه انرژی در محیط با معادله (۱) و جهت منبع صوت با داشتن مسیر دید برای هر منبع صوت در نظر گرفته می شود و اثر نویز انباشته چند منبع نویز با استفاده از معادله (۶) به دست می آید. افت تداخلی هر منبع صوت در محدوده سایه دار، با در نظر گرفتن جهت صوت و فرکانس مرکزی هر باند اکتاو محاسبه می شود تا افت تداخلی موثر نویز محاسبه گردد. افت تداخلی از سطح فشار صوتی که برای هر منبع نویز بدون مانع محاسبه شده، کسر می شود و اثر نویز انباشته در هر نقطه شبکه به دست می آید. سپس مسیر دید، سطح نویز تابشی و سطح نویز منعکس شده یا پراشیده جمع می شود و سطح نویز نهایی در هر نقطه شبکه به دست می آید. از سطح نویز نهایی برای تهیه نقشه انتشار نویز نظری استفاده می شود.

۳- کنترل نویز

کنترل نویز را می توان به عنوان جلوگیری از رسیدن صدای ناخواسته به پرده گوش کارگر تعریف کرد. کنترل نویز در سه نوع روش بهبود (رفع) نویز طبقه بندی می شود که عبارتند از: بهبود منبع نویز، بهبود مسیر و بهبود گیرنده[۱۶]. بهبود منبع می تواند با استفاده از صداهای آگزوز، سر پوش های صدا گیر باشد[۱۷]. بهبود مسیر نویز یا ممکن است با مسدود کردن صدای هوا برد از طریق موانعی باشد که بین منبع و پرده گوش کارگران قرار می گیرد[۱۲] یا با استفاده از جذب صدای هوا برد از طریق جاذب ها یا میرایی ارتعاشات باشد[۱۸].

در مورد مسدود کردن صدای هوا برد، مانعی که در مسیر صدا قرار می گیرد باید بزرگتر از یک طول موج باشد تا صدا را به میزان قابل توجهی مختل کند[۱۹]. در نتیجه این روش در فرکانس های پایین کاربرد ندارد زیرا اندازه پانل باید خیلی بزرگ باشد تا صداهای زیادی را مختل کند. با این

جدول ۱ مدت زمان روزانه مواجهه با نویز

OSHA1910.95 (US)	مدت زمان مواجهه در هر روز (ساعت)
۹۰	۸
۹۲	۶
۹۵	۴
۹۷	۳
۱۰۰	۲
۱۰۲	۱ ۱/۲
۱۰۵	۱
۱۱۰	۱/۲
۱۱۵	< ۱/۲

اثر ترکیبی منبع نویز که به عنوان کل دوز^۱ نویز D نامیده شده برابر است با:

$$D = \sum_{i=1}^N = 1 \frac{C_i}{T_i} \quad (4)$$

که C_i کل مدت زمان مواجهه با یک سطح نویز مشخص و T_i کل زمان مجاز مواجهه در آن سطح است. از آنجایی که به کارگران اجازه داده نمی شود که ۸ ساعت با میانگین وزنی برابر یا بیشتر از ۹۰ dBA در معرض نویز باشند، مقدار D نمی تواند بیشتر از واحد معیار باشد و کوتاهی در آن برابر با تجاوز از مقدار مجاز است. تراز معادل مواجهه با صوت ممتد (L_{eq}) می تواند به صورت زیر محاسبه شود:

$$L_{eq} = 85 + \frac{40}{3} \log_{10} [D \cdot \frac{8}{T_s}] \quad (5)$$

که T_s کل زمان نمونه بر حسب ساعت است. از آنجایی که دسیبل ها با استفاده از یک مقیاس لگاریتمی براساس حساسیت گوش انسان اندازه گیری می شود، نمی تواند با منطق محاسباتی جمع شود. حاصل جمع سطوح فشار صوت، سطوح شدت صوت یا سطوح توان صوت می تواند با فرمول زیر محاسبه شود.

$$CL = 10 \log [\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}] \quad (6)$$

که L_i سطح صوت منبع^۳ i بر حسب دسی بل است و CL سطح صوت ترکیب شده بر حسب دسیبل است. از آنجایی که نویز یک صدای ناخوشایند است، از این معادلات می توان در محاسبه نویز نیز استفاده کرد.

۴-۲- توسعه مدل

سوپاپ های مکش پنوماتیکی^۲ به عنوان منابع اصلی نویز در ماشین های کارخانه شناسایی شدند. بادامک ها و یاتاقان های فلزی منبع نویز بعدی هستند اما در مقایسه با سوپاپ های مکش پنوماتیکی^۳، سهم این منابع به کل نویز در ایجاد یک مدل ساده، نسبتاً پایین فرض شده است. نویز سوپاپ پنوماتیکی بدون صدا خفه کن ها می تواند با معادله زیر تخمین زده شود:

$$L_w = 17 \log M + 50 \log T - 15 \quad (7)$$

که L_w سطح توان نویزی است که توسط سوپاپ به بیرون فرستاده شده و بر حسب دسیبل است و M، ظرفیت دبی جرمی^۴ بر حسب تن بر ساعت است و T دمای مطلق گاز ساطع (به بیرون فرستاده شده) است. از آنجایی که آگزوز ماشین با یک سوپاپ صداهای پنوماتیکی با ظرفیت کاهش نویز ۲۰ دسی بل A مجهز می شود، سطح توان صوتی سوپاپ پنوماتیکی به همراه صدا گیر، ۹۶ دسی بل A است. بدنه ماشین آلات با انتشار صوت به صورت نا آرام کار می

5 sound barriers (دیوار صوتی)
6 The insertion loss
7 Ejectors (بیرون انداز ها، مکنده)

1 Dose (مقدار مجاز)
2 Pneumatic ejecting valves
3 Pneumatic (تحت فشار هوا)
4 the mass flow rate capacity (نرخ جریان جرمی)

۴ ماشین MULTIPLA P410 و ۴ ماشین SSM نوع DP3-C در کارخانه مستقر شدند. هر ماشین MULTIPLA P410 ۴۸ نازل با ۴۱.۵ سانتی متر فاصله بین نازل ها و ارتفاع ۵۹ سانتی متری از سطح زمین دارد. هر ماشین SSM نوع DP3-C ۴۰ نازل با فاصله بین نازلی ۴۴ سانتی متر و ارتفاع ۷۹ سانتی متر از سطح زمین دارد. هر ماشین از نظر طولی ۲۲۳ سانتی متر و از نظر عرضی ۱.۷ سانتی متر از ماشین دیگر جدا می شود.

۴-۲- جمع آوری داده ها

از آنجایی که کیفیت صوت برای رفع موثر نویز ضروری است، طیف نویز با نرم افزار اسپکتروم ویو در حال اجرا بر روی یک لپ تاب با یک میکروفون خارجی متصل به لپ تاب اندازه گیری می شود. از آنجایی که سطح نویز زیر ۱۷۱ دسی بل است، میکروفون های خازنی^۱ ایده آل هستند چرا که یک پاسخ نسبتاً یکنواختی را فراهم می کنند. تا قبل از استفاده این نرم افزار، کل سیستم جمع آوری داده با استفاده از یک دیپازون^۲ کالیبره می شود. فشار های صوت اندازه گیری شده اضافی با این سیستم برای هر باند اکتاو با مقیاس وزن دهی شده A جمع زده می شود تا شماره معادل دسی بل A با معادله (۶) محاسبه شود، و شماره محاسبه شده را با شماره یک صدا سنج دقیق در مقیاس dBA، درست سنجی کند که این صداسنج باتوجه به استانداردهای IEC 1979 در نوع (۱) با حالت پاسخ کند، طبقه بندی شده است.

میکروفون ها به صورت عمودی برای اندازه گیری ها نگه داشته شدند و ثبت صدا در فرمت wav با نرخ نمونه برداری ۱۶۰ نمونه در ثانیه ذخیره می شود. بیش از یک دهه است که برای یکپارچه سازی سطح فشار صوت، سیگنال با فیلتر نوع بسل با ۴۰ کیلو هرتز فرکانس قطع و میزان افت آرام ۴۰ دسی بل بر اکتاو فیلتر می شود. اندازه مبدل A/D با کلمات ۱۰ بیتی، در تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال مورد استفاده قرار گرفت.

۴-۳- روش

سیستم کالیبره شده و تایید شده جمع آوری داده های نویز استفاده شد تا داده ها و تحلیل های بعدی را ثبت کند. بیشترین مشکل نویز در باند ۲۵۰ تا ۲۵۰۰ هرتز وجود دارد و با طیف آنالین به دست آمده از نرم افزار اسپکتروم ویو مشخص می شود. برای شناسایی مهم ترین باند نویز، این باند به ۵ باند کوچکتر تقسیم می شود که هر کدام دارای پهنای باند ۵۰ هرتز هستند. سطح نویز در موقعیت های مختلف کارخانه پنج فوت بالاتر از سطح زمین اندازه گیری می شود زیرا آن سطحی است که گوش فرد ایستاده به طور متوسط در آن سطح قرار می گیرد. با گردآوری داده های تجربی یک نقشه انتشار نویز با استفاده از نرم افزار سیویل تری دی^۳ در طرح کف کارخانه ترسیم می شود تا تغییرات سطح نویز درون ماشین سر پوش دار را مشخص کند.

قطعات تولید کننده نویز بالا (>۸۵ دسیبل) ماشین آلات با موقعیت و ارتفاع شان از سطح زمین شناسایی می شوند. با استفاده از مدل ریاضی سطح صوت در موقعیت های مختلف تخمین زده شد و بدین وسیله یک نقشه انتشار نویز با یک کد نوشته شده در نسخه ۷.۸ نرم افزار مطلب ساخته شد. بر اساس کیفیت صدا، یک طرح مناسب از روش کنترل نویز ایجاد و در کارخانه پیاده سازی شد. قبل و بعد از پیاده سازی طرح کنترل نویز، طیف

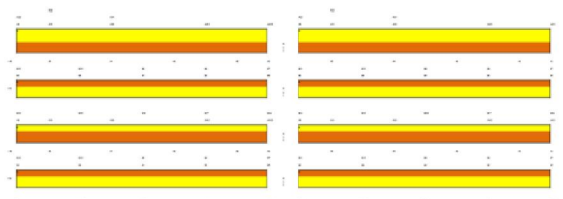
حال، اگر مشکل اصلی نویز در محدوده فرکانس متوسط قرار بگیرد، روش جذب آکوستیک ممکن است یک راه حل منطقی باشد. روش های جداسازی ارتعاشات مانند پدهای میرا کننده، ارتعاش مکانیکی را از بین می برند و فنرهای پلاستیکی می توانند با کاهش ارتعاشات در کنترل ارتعاش استفاده شوند [۱۲]. بهبود گیرنده نویز می تواند پوشیدن تجهیزات حفاظت از شنوایی مانند صداگیرهای داخل گوش، صداگیرهایی که روی گوش را می پوشانند (هدفون) یا کاسکت ها و کلاه های کاهش دهنده صدا باشد و این پوشش ها ممکن است حداقل روش موثر باشد چرا که این صدا گیرها ارتباطات بین فردی را مختل می کند که در نهایت به مشکلات اجتماعی کشیده می شود.

روش های کنترل نویز را می توان در سه دسته اصلی تقسیم بندی کرد، که عبارتند از: کنترل فعال نویز، کنترل غیر فعال نویز و کنترل ترکیبی نویز که ترکیبی از حذف کنترل فعال و غیر فعال است [۲۰، ۲۱]. کنترل فعال نویز (ANC) استفاده از منبع ثانویه ای است که یک میدان صدا از نوع وارونه سیگنال نویز تولید می کند تا میدان صدای اولیه را که با منبع اولیه (اصلی) نویز تولید شده، حذف کند. از آنجایی که نویز از نظر فرکانس و دامنه با گذشت زمان تغییر می کند و سرعت صوت هم به دلیل تغییرات دما و رطوبت متغیر است، ANC در کنترل تطبیقی به یک کار چالش برانگیز تبدیل می شود. پیتر و همکارانش [۲۲] به همراه یک هیات، مدل های آینده نگر و گذشته نگر کنترل فعال نویز را مورد بررسی و آزمایش قرار دادند و جوانب مثبت و منفی الکترونیکهای دیجیتالی در کنترل فعال نویز را ارائه نمودند. کنترل غیر فعال نویز جلوگیری از رسیدن امواج صوتی به پرده گوش از طریق مختل کردن، جذب و جداسازی امواج صوتی است. سیستم های کنترل غیر فعال نویز برای فرکانس پایین بسیار بزرگ هستند و راه اندازی چنین سیستم هایی به آسانی محیط کار آرام را آشفته می کند. بهترین روش برای پوشش کامل طیف فرکانسی، ممکن است روش ترکیبی باشد. امکان سنجی کنترل نویز عبارتند از شناسایی هر گونه منبع نویزی که در سطح نویز سهمی دارد، شناسایی همه مسیر های بین منبع نویز و موقعیت مورد نظر، رتبه بندی مسیر و منبع نویز از نظر سهمشان در سطح نویز کل، توسعه اقدامات کنترلی بر اساس کیفیت نویز و توانایی اجرای اقدامات با توجه به غالب بودن نویز تا زمانی که سطح نویز مورد نیاز در آن موقعیت به دست آید.

۴- روش تحلیل

۴-۱- اجرای آزمایشی

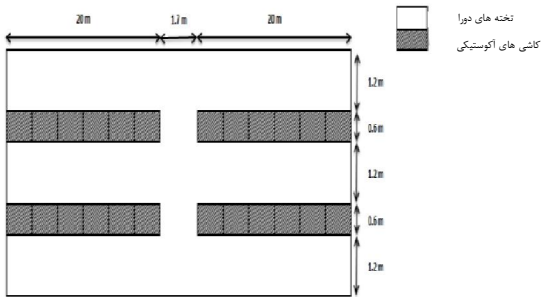
یک ماشین سرپوش دار نمونه برای اجرای آزمایشی کنترل نویز انتخاب می شود. طرح اولیه، چیدمان ماشین آلات کارخانه و شناسایی مناسب ترین مکان ها برای اندازه گیری نویز است. طرح چیدمان ماشین آلات در شکل ۱ ارائه می شود.



شکل ۱ طرح اولیه چیدمان ماشین آلات

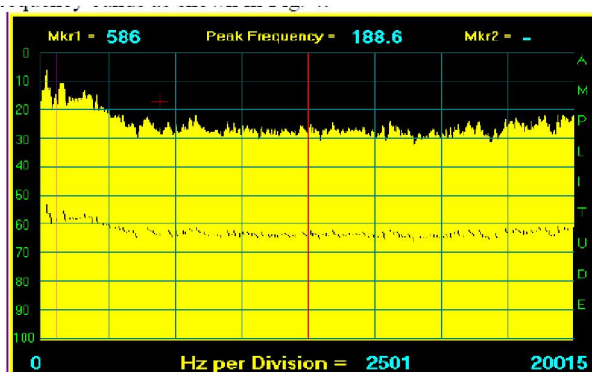
1 capacitive type microphones
2 tuning fork (سنج)
3 Civil3D

بنابراین یک لایه بافته با ضخامت $\frac{3}{4}$ جلوی کاشی های با اندازه 12×24 استفاده شدند تا مانع فرکانس های پایین تر شود و فضای باقی مانده سقف آکوستیکی با تخته های دورا پوشیده می شوند. نمودار شماتیکی از سقف آکوستیکی در شکل ۲ ارائه می شود. اندازه های کاشی های آکوستیکی با ضریب کاهش نویز بالا (۰.۷۵) طبق مشخصات داده شده سازنده، ابعاد و نیز جدایی بین ماشین ها، عوامل اقتصادی و نتایج بسیاری از آزمایشات تجربی طرح سقف آکوستیکی را مشخص می کند.

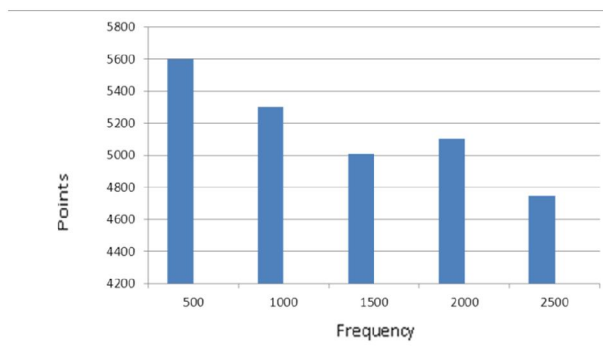


شکل ۲ شماتیکی از سقف آکوستیکی

شکل ۳ طیف نویز تا ۲۰ کیلو هرتز را نشان می دهد که به جز در باند فرکانس پایین تر از ۲۵۰۰ هرتز طیف نسبتاً صافی دارد. بنابراین، اصلی ترین باند فرکانس پایین با داشتن یک پهنای باند ۵۰۰ هرتز به طیف های فرکانسی تقسیم می شود و باند های فرکانس را همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده، رتبه بندی می کند.



شکل ۳ طیف نویز



شکل ۴ نمودار رتبه بندی فرکانس پایین تر از ۲۵۰۰ هرتز

های نویز همان موقعیت به دست آمد و اثربخشی تکنیک کنترل نویز اجرا شده ارزیابی شد.

۴-۴- طراحی کنترل نویز

اکثر فضاها سطح صوتی بالاتر از ۹۳ dBA یا بالاتر از سطح صوت ماشین سرپوش دار دارند و شیفت روزانه کارگران، هر ۸ ساعت است. پس از آنکه، دوز روزانه مواجهه با نویز با استفاده از معادله ۳ و ۴ محاسبه شد، دوز نویز در هر روز بالاتر از ارزش واحد حتی برای شیفت ۸ ساعتی کارگر است، از این رو اجرای مکانیسم کنترل نویز برای سلامت شغلی کاملاً ضروری است. تجزیه و تحلیل مواجهه با نویز نشان می دهد که سطح فعالیت در مواجهه با نویز باید ۸۵ dBA به مدت ۸ ساعت باشد که کمتر از سطح مجاز مشخص شده در استاندارد ۱۹۱۰،۹۵ موسسه امنیت و سلامت شغلی است [۲۳].

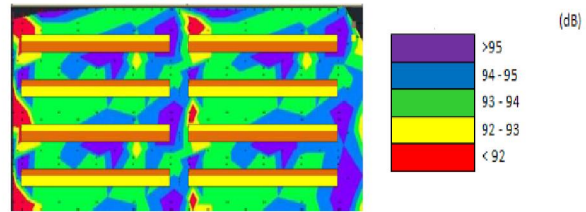
از آنجایی که فرکانس پایین تر جز اصلی مشکل نویز است، استفاده از دیوار صوتی با توجه به بزرگی آن تاثیر کمتری دارد. در دوران مدرن، مواد زیست پایه به سختی برای عایق بندی صدا استفاده شده اند [۲۴]. بنابراین کنترل نویز با مواد جذب کننده صدا و کنترل فعال نویز به عنوان راه حل باقی می ماند علی‌رغم اینکه ضریب کاهش نویز برای فرکانس های بالا، بیشتر است [۲۵]. خواص پارچه های بافته شده و پلی اورتان جذب صدا با توجه به اثر ساختارهای داخلی بسیار کوچک آنها بسیار مورد بررسی قرار گرفت [۲۷،۲۶].

در مورد کنترل نویز اتاق ها، یک تکنیک کنترل نویز پر انعکاس پیشنهاد شد. اما این تکنیک محدودیت های جدی به خصوص در کنترل (سیستم) عملکرد بالا دارد [۲۸]. کنترل نویز عملکرد بالا که برای موزه ها پیشنهاد شده، با هدف اصلی پایین آوردن زمان انعکاس به حدود قابل قبول در مقالات یافت می شود [۲۹]. از آنجایی که طبیعت نویز در صنعت نساجی دیر زدودنی با الگوی غیر تصادفی است، این روش های کنترل نویز عملکرد بالا، نقش کوچکی در عملی بودن کنترل دارند. اگر چه سرپوش های آکوستیکی و صدا خفه کن از ابزار کاهش نویز بالقوه هستند، محیط کار راحت و آرام را آشفته می کند و سرپوش های کامل آکوستیکی به دلیل ماهیت عملیات ماشین ها منع شده اند. استفاده از سقف آکوستیکی یک راه حل ایده آل برای کنترل نویز در یک کارخانه نساجی است. سقف آکوستیکی نه تنها به عنوان یک جاذب صوت، بلکه به عنوان یک نوع جاذب صوتی طنین انداز، می تواند ساخته و مهندسی شود. اندازه فیبر مواد، مقاومت در برابر جریان هوا در هر واحد ضخامت مواد، تخلخل و نیز پیچ خوردگی مواد، فشرده سازی و چگالی ضخامت مواد از عوامل موثر بر جذب صوت هستند [۱۸]. برای جذب موثر یک جاذب متخلخل، ضخامت مواد باید در حدود یک دهم طول موج صدای تابشی باشد [۳۰] و فشرده سازی مواد می تواند برای کاهش ضخامت مورد موثر باشد. به علاوه، ساختار متراکم تر، عملکرد جاذب را در فرکانس های بالاتر از ۲۰۰۰ هرتز بهتر می سازد. از آنجایی که مسیر فرکانس های بالاتر باید قطع شوند تا احساس آزرده گی نویز را کاهش دهند، یک ماده فشرده شده کاندید مناسبی برای مواد سقف آکوستیکی است. در این میان، علاوه بر ضریب کاهش نویز، مقاومت در برابر آتش، وزن سبک، مقاومت در برابر ضربه و دسترسی به بلوک های بزرگتر و نصب آسان از دیگر عوامل مورد بررسی در انتخاب مواد آکوستیکی هستند. تخته دورا می تواند همه عوامل غیر آکوستیک را با ضریب کاهش نویز بالاتر ۰.۳۱ و ضخامت ۵۰ میلی متری برآورده سازد. از آنجایی که نویز با فرکانس پایین مورد نیاز است تا به میزان بیشتری کاهش یابد، استفاده از کاشی های آکوستیکی اجتناب ناپذیر است.

۵- بحث و بررسی

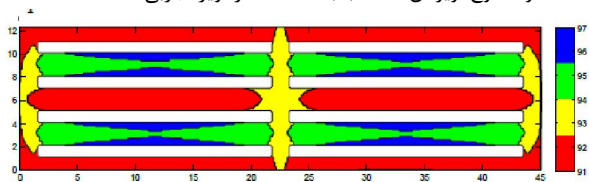
زمانی که کیفیت نویز در سطح گوش تجزیه و تحلیل می شود، به جز در فرکانس زیر ۲۵۰۰ هرتز، یک پاسخ تخت دارد. باند فرکانسی پایین بیشتر تجزیه و تحلیل می شوند و نمودار رده بندی فرکانس نشان می دهد که اصلی ترین مشکل نویز در محدوده ۵۰۰ هرتز اتفاق می افتد. سطح نویز در باند اکتاو با داشتن فرکانس مرکزی ۵۰۰ هرتز سطح نویز بیشتر از ۹۰ dBA دارد. نقشه انتشار نویز تجربی در ماشین سرپوش دار، الگوی خاصی از میدان واقعی صدای درون کارخانه را به تصویر می کشد. این نقشه نشان داد که در انتهای ماشین و در مرکز ماشین آلات رو در روی هم، سطح نویز به اوج خود می رسد. تابش متقارن و پروگزیمال نویز که از سوپاپ های مکش پنوماتیکی در مرکز ماشین ها تولید شده باعث می شود که سطح نویز به حداکثر خود برسد. انکسار نویز در انتهای ماشین و تابش مستقیم منابع نویز از سایر ماشین ها بدون تضعیف به ماشه های (رها ساز) بدنه ماشین، سطح نویز را در انتهای ماشین آلات بالا می برد. با این حال، الگوی انتشار نویز نظری به دلیل فرضیات ارائه شده در توسعه این مدل، کاملاً متفاوت از الگوی انتشار نویز واقعی است. در نقشه نویز تجربی، جعبه کنترل در یک سر ماشین قرار می گیرد و در این سر، سطح نویز در سمت عقب ماشین نسبتاً بالا می رود. این نقشه نشان می دهد که به جز اجکتورهای پنوماتیک، دیگر منابع اصلی نویز در جعبه کنترل قرار دارند که در مدل نظری در نظر گرفته نشدند. به علاوه، محفظه جعبه کنترل به عنوان یک مانع آکوستیکی در برابر منابع نویز پروگزیمال همان ماشین عمل می کند و در نتیجه باعث نویز کمتر انتهای ماشین در نقشه نویز تجربی می شود. سطح توان صوت سوپاپ مکش پنوماتیکی بالاتر از سطح توان نویز ۱۲۰ دسی بلی است، اما با استفاده از سوپاپ های صدا گیر به ۹۶ دسیبل کاهش می یابد. در توسعه این مدل، هنوز فرض بر این است که اصلی ترین منابع نویز در مقایسه با بادامک ها و چرخ دنده ها اجکتورهای پنوماتیکی هستند. محاسبات، با این فرض که شکل ماشین مکعبی است و سوپاپ های مکش پنوماتیکی در جلوی ماشین قرار دارند، انجام شدند. با این حال در واقعیت، کمی از این فرض منحرف می شویم چرا که جعبه کنترل با پوشش چند سانتی متری یک طرف از سوپاپ های تولید کننده نویز خود جعبه بیرون زده می شود. بنابراین، یک تغییر کوچکی در نقشه انتشار نویز نظری یا الگوی فنی طیف میدان صوتی می تواند مشاهده شود. مدل برآورد نویز توسط نرم افزار مطلب کدگذاری شد، زیرا این کدگذاری یک روش راحتی برای پرداختن به ماتریس ها در یک محیط محاسبات عددی چند پارادایمی فراهم می کند. با این حال، با توجه به تعداد بالای منابع نویز، زمان اجرای برنامه بیش از نیم ساعت است و شکل واقعی ماشین ها با جعبه های کنترل را در نظر نمی گیرد. با این حال استفاده از نرم افزار CAD با در نظر گرفتن شکل واقعی ماشین، ممکن است یک گزینه خوب در تحلیل های بیشتر الگوی انتشار صدا باشد. سقف آکوستیکی از کاشی های آکوستیکی تشکیل می شود که می تواند بیشتر فرکانس های پایین را جذب کند، و تضعیف فرکانس پایین نویز را بر عهده دارد. قسمت باقی مانده با تخته دورا پوشیده می شود که با ضریب جذب به تدریج افزایش یافته برای فرکانس های بالاتر، فرکانس های بالاتر را با شدت بیشتر قطع می کند. بنابراین بعد از اجرای کنترل نویز، تخته دورا می تواند در طیف نویز قابل توجه باشد. از آنجایی که کاشی آکوستیکی یک محدوده کوچکتری را می پوشاند، اثر کاهش نویز بر فرکانس پایین همانند فرکانس های بالاتر خیلی شدید نیست.

نقشه انتشار نویز در ماشین سرپوش دار با نرم افزار سیویل تری دی و بر مبنای داده های تجربی جمع آوری شده از اندازه گیری های صداسنج در مقیاس dBA ایجاد شد و در شکل ۵ به تصویر کشیده شد.



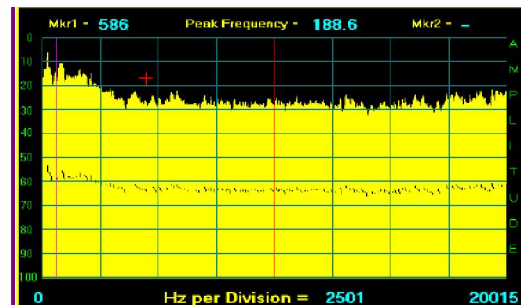
شکل ۵ نقشه انتشار نویز تجربی در ماشین سرپوش دار

نقشه انتشار نویز نظری بر مبنای داده های مدل برآورد نویز در شکل ۶ ارائه شده و سطوح نویز آن متناسب با نقشه انتشار نویز تجربی است.

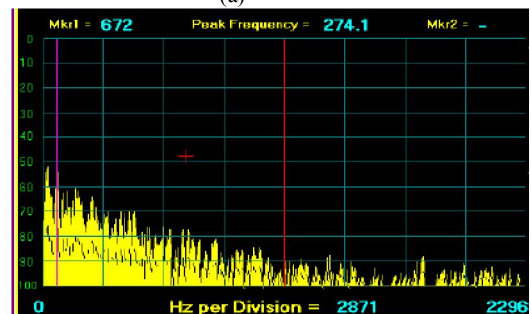


شکل ۶ نقشه انتشار نویز نظری

شکل ۷ طیف نویز درون کارخانه را قبل و بعد از اجرای تکنیک کنترل نویز نشان می دهد. مشاهده می شود که نویزهای بیشتر از ۵ کیلو هرتز به طور چشمگیری کاهش یافتند و نویز های زیر ۵ کیلو هرتز به دلیل پیاده سازی سقف آکوستیکی به عنوان یک ابزار کنترل نویز به همان اندازه کاهش نمی یابند. همین پدیده می تواند به وضوح از طریق حس فرکانس گوش انسان تجربه شود.



(a)



(b)

شکل ۷ طیف نویز قبل و بعد از پیاده سازی a قبل از پیاده سازی، b بعد از پیاده سازی

- [23] M. Praveen Kumar, K. Mugundhan., K.Visagavel, occupational health & safety in textile industry, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol.3, Issue 11, June 2011
- [24] Xiaodong Zhu, Brim-June Kim, Qingwen Wang, and Qinglin Wu, "Recent advances in sound insulation properties of bio based materials", *Materials Transactions*, Vol. 50, No. 2, 2009, pp. 373 – 380.
- [25] Cyril M Harris, *Handbook of Noise control Materials*, Soudown Cooperation, McGrawHill, Newyork, 1979.
- [26] Paola Ricciardi, Mariagiovanna Lenti, "Sound absorption characterization of woven materials. Case study: auditorium restoration", *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics*, ICA 2010, Sydney, Australia, 2010.
- [27] Tsuyoshi Yamashita, Kazuhiro Suzuki, Hideki Adachi, Souichiro Nishino and Yo Tomota, "Effect of Microscopic Internal Structure on Sound Absorption Properties of Polyurethane Foam by X-ray Computed Tomography Observations", *Materials Transactions*, Vol. 50, No. 2, 2009, pp. 373-380.
- [28] ACC Warnock, "Reverberant noise control in rooms using sound absorbing materials", *Division of building research, National research council of Canada*, Ottawa, 1980.
- [29] António P.O. Carvalho, Hélder J.S. Gonçalves, and Luísa M.M. Garcia, "Acoustics of Modern and Old Museums", *NoiseCon2013*, Denver, Colorado, 2013.
- [30] Michael Coates and Marek Kierzkowski, 2002. "Acoustic Textiles-Lighter, Thinner And More Absorbent", *Technical-Textiles-International*.

۶- نتیجه گیری

نویز موجود در داخل یک ماشین سرپوش دار یک کارخانه نساجی به طور تجربی اندازه گیری شد و یک الگوی انتشار نویز ایجاد شد. از آنجایی که سطح نویز بالاتر از سطح فعالیت مواجهه با نویز بود، کیفیت نویز به منظور طراحی یک سیستم کنترل نویز، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یک مدل ریاضی توسعه داده شد، تا توزیع نویز را پیش بینی کند و مدل با داده های جمع آوری شده مطابق با استاندارد، دارای اعتبار می شود. یک سقف اکوستیکی از نظر اقتصادی با دوام برای کنترل نویز طراحی گردید و یک اجرای آزمایشی انجام شد تا اثربخشی روش کنترل نویز را از لحاظ تجربی اثبات کند. به علاوه، ترکیبی از مواد مختلف جذب کننده صدا استفاده شد، و نشان داده شد که روش کنترل غیر فعال نویز بدون رفتن به سراغ روش کنترل ترکیبی، افق دید بیشتری دارد.

۷- مراجع

- [1] Robert G. Confer, Thomas R. Confer, "Technology and Engineering", CRC press, 1999, pp 173.
- [2] A Ali Abbasi, H Bux Marri and Murlindhar Nebhwani, "Industrial noise pollution and its impact on workers in Textile based cottage industries: an empirical study", *Research Journal of Engineering and Technology*, Volume 30, No.1, January 2011.
- [3] WE Purcell, and BL Lempert, "Compendium of materials for noise control", US Department of Health, Education and Welfare, 1975.
- [4] Parvizpoor D, "Noise exposure and prevalence of high blood pressure among weavers in Iran", *Journal of occupational medicine*, 18(11), 1976, pp.730-731.
- [5] Lees Rem and Robert JH, "Noise induced hearing loss and blood pressure", *Canadian Medical Association Journal*, 120(5), 1979, pp. 1082-1084.
- [6] EPA, "Public Health and Welfare criteria for noise", Washington DC, US *Environmental protection agency*, EPA Report No. 550/9-73-002, 1973.
- [7] WHO, Recommendations of Noise Exposure Limits, Summary, "Environmental Health Criteria", No. 12, Geneva, Switzerland, 1980.
- [8] Birgitta Berglund, Thomas Lindvall, Dietrich H Schwela, "Guidelines for community health", World Health Organization, 1999.
- [9] ISO 389 (1991) specification for standard reference zero for the calibration of pure tone air conduction audiometers. Geneva, Switzerland: *International Organization for Standardization*.
- [10] National Institute of Occupational Safety and Health (1972), Criteria for a Recommended Standard-Occupational Exposure to Noise, DEH(HSM) Pub. No.73-11001. Health Services and Mental Health Administration, Washington, DC.
- [11] MIL-STD-1474C, Military Standards: Noise limit for military material (metric), March 1991.
- [12] MK Talukdar, "Noise pollution and its control in Textile industry", *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, Vol.26, March-June 2001, pp. 44-49.
- [13] R Bedi, "Evaluation of occupational environment in Two Textile plants in northern India with specific reference to noise", *Industrial Health*, Vol. 44, 2006, Pg.112-116.
- [14] <http://www.cdc.gov/niosh/topics/noisecontrol/>, accessed on 30th October 2014.
- [15] Paul Jensen, Charles R Jokel, Laymon N Miller, "Industrial noise control manual", Bolt Beranek and Newman, Inc Cambridge, Massachusetts, US *Government printing office*, Washington DC, 1978.
- [16] F. Alton Everest, and Ken C. Pohlmann, "Master Handbook of Acoustics", fifth edition, McGrawHill, Toronto, 2009.
- [17] Marian Perlikowski, "Noise Suppressor for the Textile Industry", *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, Vol. 13, No. 1, January / March 2005.
- [18] Hoda S. Seddeq, "Factors Influencing Acoustic Performance of Sound Absorptive Materials", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4): 4610-4617, 2009.
- [19] David A Beis and Colin H Hansen, "Engineering noise control: Theory and Practice", 4th edition, Spon Press, London, 2009.
- [20] Timothy M. Johnsona, and Abdullatif K. Zaouk, "Development of passive and active noise control for next generation locomotive cabs", *Inter noise 2009, innovations in practical noise control*, Ottawa, Canada, 2009.
- [21] Miroslava A. Milošević, Nenad D. Milošević, Milan S. Milošević, "Noise reduction in rooms using active and passive control on the basis of modal analysis", *Working and Living Environmental Protection* Vol. 1, No 3, pp. 51 – 58, 1998.
- [22] Peter Gaikwad, Mayank Jain, Pranita Yevle, S. U. Bhandari, "Active Noise Control Using Field Programmable Gate Arrays", *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, Vol. 2, Issue 2, February 2013.