Journal of Health

Vol. 10, No. 1, Spring 2019, Pages 83-95

Designing an Enclosure in Order to Control the Equipment Noise in Screw Manufacturing Industry

Golmohammadi R[1], Aliabadi M[2], Azimi N* [3]

1. Professor, Department of Occupational Health, Faculty of Health, Health Sciences Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2. Asistant Professor, Department of Occupational Health, Faculty of Health, Health Sciences Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. MSc student of Occupational Hygiene, Department of Occupational Health, Faculty of Health, Health Sciences Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

**** Corresponding author.*** Tel: +989905411910, Fax: +988135350509, E-mail: nafise1azimi@gmail.com

Received: Aug 7, 2018 Accepted: May 24, 2018

Archive of SID

ABSTRACT

Background & objectives: Noise reduction in the source is always in priority. For acoustic engineers, taking a systematic approach and considering small details of designing an enclosure can be one of the most effective ways of noise reduction. This study was carried out to detect major noise generator sources in a screw manufacturing company.

Methods: In this interventional study, primarily information were collected, including machines' specifications, number of workers exposed to noise, time of exposure, and their deployment location. Then environmental assessment was carried out to assess the noise level around the sound source and dosimetry devices. Finally, a design of an enclosure was developed to control noise level in machines producing noise.

Results: Results indicated that BV2 and BR3 machines, with total sound pressure level of 95.7 and 94.4 dB, were major sources of noise, which exceeded the noise limit. To control the generated noise of the mentioned machines, an enclosure was designed with minimum damping of 19 dB. The designed enclosure consisted of a compact layer of 3 mm steel, a layer of 20 mm self-stick foam, a layer of 40 mm mineral wool and a 1 mm layer of punched aluminum plate with open mouth of 60%.

Conclusion: the designed enclosure for BV2 and BR3 machines can empirically reduce sound pressure level by 19.3 and 19.7 dB respectively and the exposure of operators was reduced to 76.4 and 74.7 dB, which provides safety for workers of the factory.

Keywords: Occupational Noise; Occupational Exposure; Noise Control; Twisting Industry

www.SID.ir

طراحی اتاقک به‌منظور کنترل صدای تجهیزات تولید در یک صنعت پیچ‌سازی

رستم گلمحمدی[۱]، محسن علی آبادی[۲]، نفیسه عظیمی[۳]*

۱. استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۹۰۵٤۱۱۹۱۰ فکس : ۰۸۱ ۳۵۳۵۰۵۰۹ ایمیل: nafise1azimi@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: کاهش صدا در منبع، همیشه در اولویت می‌باشد و با اتخاذ یک رویکرد سیستماتیک و توجه دقیق به جزئیات طراحی، اتاقک می‌تواند یکی از موثرترین اقدامات کنترلی در دسترس برای مهندسین صدا باشد. مطالعه حاضر با هدف شناسایی منابع اصلی مولد صدا و تعیین کارایی اتاقک در کنترل صدای یک صنعت پیچ‌سازی صورت پذیرفت.

روش کار: در این مطالعه توصیفی- تحلیلی و مداخله‌ای، نخست اطلاعات اولیه در خصوص مشخصات دستگاه‌ها، تعداد افراد در معرض مواجهه، ساعات مواجهه و محل استقرار آنها در صنعت مورد بررسی، جمع‌آوری گردید. سپس اندازه‌گیری و ارزیابی صدا در چند مرحله به‌صورت اندازه‌گیری محیطی، اندازه‌گیری پیرامون منبع صوتی و دزیمتری انجام شد. در نهایت جهت کنترل صدا، طرح ساخت اتاقک جهت دستگاه‌های مولد اصلی صدا با طرح کنترل برای منابع با ارائه یک اتاقک برآورد گردید.

یافته‌ها: نتایج ارزیابی صدا نشان داد دستگاه‌های BV2 و BR3 با تراز کلی فشارصوت به ترتیب ۹٤/٤ و ۹۵/۷ دسی‌بل، منابع اصلی صدا در سالن تولید بوده‌اند که سبب مواجهه کارگران با صدا بیش از حد مجاز گردیده است. جهت کنترل صدای این دو منبع اتاقک‌سازی با افت انتقال حداقل ۱۹ dB مناسب‌ترین گزینه تعیین شد. اتاقک طراحی‌شده دارای لایه‌بندی ساندویچی فشرده شامل یک لایه فولاد به ضخامت ۳ mm، لایه فوم خودچسب به ضخامت ۲۰ mm، لایه پشم‌سنگ به ضخامت ٤۰mm و لایه ورق آلومینیوم پانچ شده ۱ mm با سطح دهانه باز ۶۰ درصد بود.

نتیجه‌گیری: اتاقک طراحی‌شده جهت دستگاه‌های BV2 و BR3 تراز فشار صوت این دستگاه‌ها را به میزان ۱۹/۷ dB و ۱۹/۳ dB کاهش می‌دهد و تراز فشار صوت مواجهه کارگران با این دستگاه‌ها را به ۷٤/۷ dB و ۷۶/٤ dB تقلیل می‌دهد. به این ترتیب مواجهه کارگران اپراتور این دستگاه‌ها به زیر حد مجاز خواهد رسید.

واژه های کلیدی: صدای شغلی، مواجهه شغلی، کنترل صدا، صنعت پیچ‌سازی

دریافت: ۹۷/۵/۱۶ **پذیرش:** ۹۷/۷/۳

مقدمه

مواجهه کارگران با صدای محیط‌کار که توسط دستگاه‌ها و فرآیندهای تولیدی در صنایع مختلف ایجاد می‌شود، همواره به عنوان یک چالش سلامت مطرح می‌باشد (۳-۱). مواجهه با صدای شغلی می‌تواند مشکلاتی مانند کاهش تمرکز، خستگی، اختلال در خواب، آزردگی، افزایش ضربان قلب و فشار خون، افت شنوایی، وزوز گوش و کاهش بازده‌کاری را ایجاد نماید (۷-٤). طبق برآورد حدود ۱۰ میلیون کارگر در آمریکا افت شنوایی بیش از ۲۵ دسی‌بل

Archive of SID
www.SID.ir

داشته و ۱۶ درصد از افت شنوایی در کل جهان ناشی از مواجهه با صدای محیط‌های کاری بوده است (۸،۹). بر اساس اطلاعات موجود مشخص شده است که بیش از ۲ میلیون کارگر در ایران با صدای زیان‌آور مواجهه دارند (۱۰).

آلودگی صدا مهم‌ترین عامل زیان‌آور فیزیکی در صنایع فلزی می‌باشد. صنایع فلزی به عنوان یکی از صنایع دارای ترازهای بالای مواجهه با صدا شناخته شده و بیشتر کشورها جهت محافظت کارگران شاغل در این صنایع، برنامه حفاظت شنوایی را در برابر صدا اجرا نموده‌اند (۱۱،۱۲).

با توجه به اینکه پیشرفت‌های زیادی در کاهش صدای منابع ایجاد شده است، اما برخی از انواع تجهیزات صنعتی مانند پرس ضربه‌ای، آسیاب چکشی، سنگ سمباده، موتورهای دیزلی و غیره هنوز هم دارای صدای با تراز بالا هستند و در این شرایط کنترل در منبع تولید صدا از طریق محصورکردن جزئی و یا کامل تجهیزات یکی از راهکارهای مورد توجه مهندسین صدا است، زیرا کاهش صدا در منبع همیشه از اولویت برخوردار است. با در نظرگرفتن یک رویکرد موثر و توجه دقیق به جزئیات طراحی، اتاقک‌سازی می‌تواند یکی از موثرترین اقدامات کنترل صدا در صنعت باشد (۱۳). علاوه بر این، مطالعات متعددی نشان می‌دهند که محصورسازی جزئی یا کلی می‌تواند در کاهش صدا بسیار موثر واقع گردد (۱۴،۱۵).

گلمحمدی و همکاران در مطالعه‌ای تاثیر اتاقک‌سازی بر کاهش صدای دستگاه دمنده هوا در یک صنعت فولاد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد، طراحی این اتاقک با در نظر گرفتن ۰/۰۰۱ نشتی می‌تواند صدا را به میزان ۳۰ دسی‌بل کاهش دهد (۱۶). نصیری و همکاران نیز در مطالعه‌ای اثر محصورسازی منابع مولد صدا را بر کاهش ترازفشارصوت در مناطق نفتی لاوان مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه مشخص شد که محصورسازی می‌تواند ترازفشارصدا را تا حد قابل قبولی کاهش دهد اما باید به محدودیت‌هایی که روش محصورسازی دارد توجه شود (۱۴).

با توجه به تنوع منابع مولد صدا در صنایع فلزی و اثرات سوءِ مواجهه شغلی با صدای این منابع و تاکید بر اینکه استفاده از روش محصورسازی منابع می‌تواند به میزان زیادی ترازفشارصوت منتشر شده در محیط کار را کنترل نماید، مطالعه حاضر با هدف شناسایی منابع اصلی مولد صدا و ارزیابی نتایج محصورسازی در یک صنعت پیچ‌سازی صورت پذیرفت.

روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی- تحلیلی و بصورت مداخله‌ای بوده که به‌منظور ارزیابی و کنترل صدا در سالن تولید یک صنعت پیچ‌سازی انجام شد. در مرحله نخست، اطلاعات اولیه در خصوص مشخصات دستگاه‌ها، تعداد افراد در معرض مواجهه، ساعات مواجهه و محل استقرار آنها جمع‌آوری گردید. سپس اندازه‌گیری و ارزیابی صدا در چند مرحله صورت پذیرفت. در ابتدا جهت ارزیابی مواجهه کارگران با صدا و مقایسه آن با حدود مجاز به‌منظور تعیین میزان مداخله وکنترل موردنیاز، دزیمتری صدا با استفاده از دستگاه دزیمتر Quest micro1 که با کالیبراتور مدل Cel 1102 کالیبره شده بود، انجام شد. بدین‌منظور، دزیمتر به کمر کارگر متصل و میکروفون دستگاه در نزدیکی گوش و بر روی یقه وی نصب گردید. در سالن تولید جمعاً ۱۰ نفر که الگوی مواجهه مشابهی با همکاران خود داشتند مورد دزیمتری قرار گرفتند که این افراد متشکل از ۸ اپراتور دستگاه و ۲ نفر نیروی فنی بودند. سپس میزان دزهای دریافتی به تراز معادل فشارصوت تبدیل و با حدود مجاز مقایسه شدند.

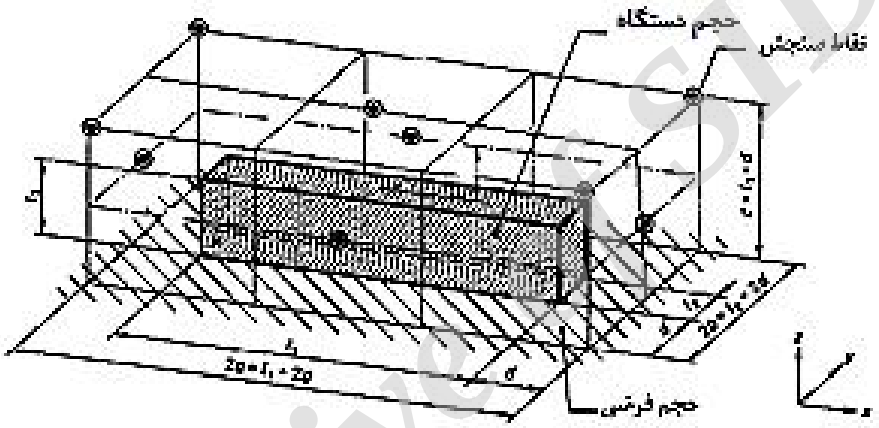
پس از ارزیابی مواجهه کارگران، جهت مشخص‌نمودن دستگاه‌های مولد اصلی صدا، اندازه‌گیری به روش

Archive of SID

www.SID.ir

شبکه‌ای در سطح سالن تولید انجام شد. ابعاد شبکه‌ها با توجه به ابعاد سالن تولید ۵×۵ متر تعیین شد و بر اساس استاندارد ISO-9612 اندازه‌گیری در مرکز هر ایستگاه و در ارتفاع ۱/۵ متری از کف و در شبکه A و به‌جهت ایستاده بودن کارگران و یکنواخت بودن تغییرات صدا در حالت Slow صورت پذیرفت. دستگاه اندازه‌گیری صدا شامل ترازسنج صوت مدل Cel 450 بوده است که توسط کالیبراتور مدل Cel 1102 کالیبره شده بود. نقشه صوتی نیز توسط نرم‌افزار Surfer نسخه ۱۰ ترسیم گردید.

پس از تعیین دستگاه‌های مولد اصلی صدا، به‌منظور تعیین مشخصات صوتی مثل فرکانس غالب منبع و تراز توان صوتی دستگاه، با الگوبرداری از استاندارد ISO-3746 جهت تعیین نقاط اندازه‌گیری در اطراف هر منبع، اندازه‌گیری صدا در فاصله ۱ متری در ۶ نقطه قابل دسترسی اطراف هر منبع در شبکه Lin و آنالیز آن در اکتاوباند صورت پذیرفت (۱۷). طرح شماتیک دستگاه و نقاط اندازه‌گیری در شکل ۱ ارائه گردیده است.



شکل ۱. تعیین نقاط اندازه‌گیری تراز فشارصوت در اطراف دستگاه جهت تعیین فرکانس غالب و تراز توان صوتی دستگاه

پس از ارزیابی صدا، طرح ساخت اتاقک جهت دستگاه‌های مولد اصلی صدا ارائه گردید. در ابتدا با توجه به ابعاد دستگاه، دریچه‌های دسترسی جهت تعمیرات و نگهداری و سایر پارامترها همانند هزینه و فضا، ابعاد اتاقک موردنظر مشخص گردید. سپس با توجه به نتایج، میزان افت انتقال صوتی موردنیاز برآورد گردید.

جهت تعیین جنس و ترتیب لایه‌بندی اتاقک نیز ابتدا مقدار حداقل چگالی سطحی موردنیاز در فرکانس غالب هر دستگاه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید و پس از تعیین جنس لایه اصلی اتاقک، میزان فرکانس حد عایق اصلی اتاقک‌ها نیز با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه ۱) $TL(dB) = 20\log(fw) - 47.5$

که در آن TL= میزان افت انتقال (دسی‌بل)، F= فرکانس غالب (هرتز) و W= چگالی سطحی مورد نیاز (کیلوگرم بر مترمربع) می‌باشد.

رابطه ۲) $$f_c = \frac{c_a^2}{10.8 \times c_b \times t \times \sin^2 \sim_i}$$

که در آن f_c= فرکانس بحرانی، C_a= سرعت صوت در هوا (متر بر ثانیه)، C_b= سرعت صوت در دیوار (متر بر ثانیه) و α_i= زاویه برخورد صوت با دیواره می‌باشد.

پس از آن به‌منظور جلوگیری از انعکاس صدا در داخل اتاقک مواد حفاظتی با ضریب جذب بالا جهت استفاده در لایه درونی اتاقک پیشنهاد گردید و ترتیب لایه‌بندی اتاقک متناسب با مشخصات صدای منابع

Archive of SID
www.SID.ir

تعیین گردید. در انتها باتوجه به جنس، ضخامت و چگالی سطحی لایه‌ها، افت انتقال تئوری محاسبه و با در نظر گرفتن میزان نشتی، افت انتقال عملی برآورد گردید.

یافته ها

نتایج دزیمتری صدا در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد میزان مواجهه کارگران با صدا بیش از حد مجاز بوده به‌طوریکه بیشترین مواجهه مربوط به اپراتور دستگاه BR3 با ۵۸۸/۸ درصد با تراز معادل مواجهه متناظر dB(A) ۹۲/۷ بوده است. شکل ۲ به وضوح بالا بودن تراز فشار صوت در اطراف دو منبع فوق را نشان داده است.

دستگاه‌های مورد نظر به طور خودکار مفتول فولادی را از کلاف قرقره دریافت و پس از حدیده و برش ته زنی نموده و در مست دیگر دستگاه در سبد مخصوص می‌ریزند. صدای ناشی از عملیات سریع حدیده، برش و پرسکاری جمعاً ترازی بالغ بر ۹۲ دسی‌بل در مجاورت دستگاه منتشر می‌نماید. لازم به‌ذکر است که تجهیزات عمده سالن تولید پیچ مرکب از ۸ دستگاه بوده که براساس اندازه‌گیری‌ها بجز دو دستگاه BR3 و BV2 سایر دستگاه‌ها دارای اتاقک بودند. عملکرد دستگاه‌ها بدون درنظرگرفتن اختلاف‌های جزیی بسیار مشابه هم بود. قسمت‌های تولیدکننده صدا قسمتی که قالب‌ها و کله‌زنی پرس می‌شوند، قسمت ته‌گردکنی که پیچ ته‌گرد می‌شود، در قسمت هدایت محصولات توسط نوار نقاله به واگن‌ها به علت ریزش آنها صدا تولید می‌شود، جهت کنترل صدا در منبع باید به این قسمت‌ها توجه لازم شود.

جدول ۱. نتایج دزیمتری صدا در کارگران

ایستگاه کاری	تعداد شیفت کاری	تعداد نفر در شیفت کاری	میزان دز دریافتی در شیفت کاری (درصد)	تراز معادل مواجهه dB(A)	مدت زمان مجاز مواجهه (دقیقه)
اپراتوردستگاهBV2	۲	۱	۳۵٤/۸	۹۰/۵	135min,12 second
اپراتور دستگاهBR3	۲	۱	۵۸۸/۸	۹۲/۷	81min,29 second
اپراتوردستگاه BV22	۲	۱	۳۲۳/۵	۹۰/۱	148min,6 second
اپراتوردستگاه BV3	۲	۱	۲۶۷	۸۹/۲۸	179min,46 second
اپراتور دستگاه BV4	۲	۱	۲۵۷	۸۹/۱	187min,30 second
اپراتور دستگاه BV6	۲	۱	۳۲۹/۶	۹۰/۲	145min
اپراتوردستگاه NB4	۲	۱	۲۳٤/٤	۸۸/۷	205min,7 second
اپراتور دستگاه NB5	۲	۱	۲۰٤/۱	۸۸/۱	235min,17 second
اپراتور فنی (۱)	۲	۲	۱۶۲/۱	۸۷/۱	296min,12 second
اپراتور فنی (۲)	۲	۲	۱٤۷/۹	۸۶/۷	326min,30 second

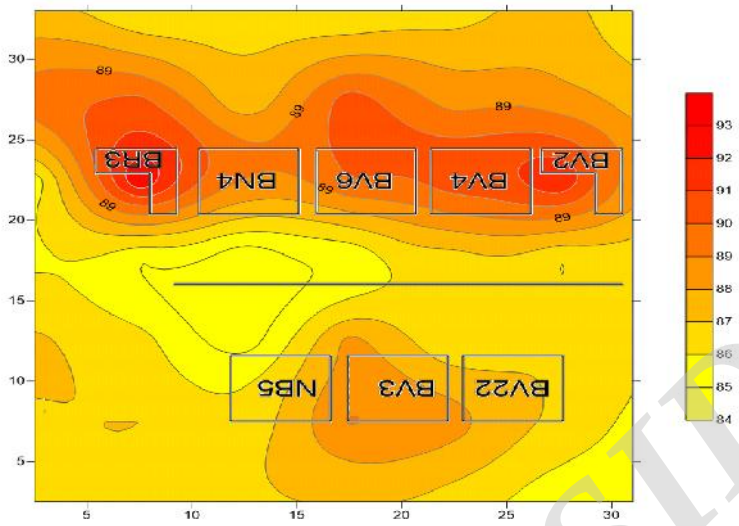
نتایج ارزیابی محیطی صدا نیز نشان داد دستگاه‌های BV2 و BR3 مولدین اصلی صدا در سالن تولید می‌باشند. نتایج ارزیابی محیطی صدا بصورت نقشه صوتی در شکل ۲ ارائه شده است.

نتایج اندازه‌گیری محیطی صدا در ٤۹ ایستگاه سنجش نشان داد که ۸۸ درصد محدوده‌ها در ناحیه خطر و ۱۲ درصد مابقی در ناحیه احتیاط بوده و هیچ‌یک از ایستگاه‌ها در ناحیه ایمن قرار نداشتند. حداقل ترازفشارصوت در این ایستگاه‌ها dB(A) ۸٤ و حداکثر dB(A) ۹۳ بوده‌است. نتایج اندازه‌گیری صدا و آنالیز فرکانس صوتی، پیرامون دستگاه‌های مولد اصلی صدا نیز در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد تراز کلی فشارصوت اندازه‌گیری‌شده در اطراف و در فاصله ۱ متری از دستگاه‌های BV2 و

Archive of SID

www.SID.ir

BR3 به ترتیب ۹٤/٤ و ۹۶/۵ دسی‌بل و فرکانس غالب نیز ۱۲۵ هرتز می‌باشد. نمایی واقعی از دستگاه‌های مولد اصلی صدا در کارخانه مورد بررسی در شکل ۳ و ٤ ارائه گردیده است.



شکل ۲. نقشه صدای سالن تولید

شکل ۳. نمای ستگاه‌های موردطراحی(دستگاه BR3)

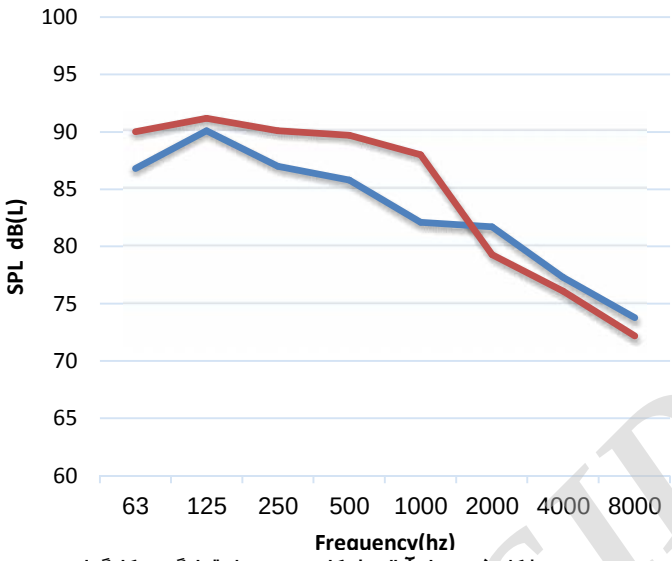
شکل ٤. نمای دستگاه‌های موردطراحی(دستگاه BV2)

جدول ۲. نتایج آنالیز فرکانس پیرامون دستگاه‌های BV2 و BR3

ایستگاه سنجش	نتایج آنالیز فرکانس								تراز کلی فشارصوت
	۸۰۰۰	٤۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵	۶۳	dB(L)
اپراتور دستگاه BV2	۸/۷۳	۷۷/۳	۸۱/۷	۸۲/۱	۸/۸۵	۸۷	۹۰/۱	۸۶/۸	۹٤/٤
اپراتور دستگاه BR3	۷۲/۲	۷۶/۱	۷۹/۳	۸۳/۲	۸۶/۶	۸۹/۱	۲/۹۱	۸۹/۳	۹۵/۷

به منظور تعیین باند فرکانسی و همچنین تعیین فرکانس غالب لازم بود تا در محل استقرار کارگران اپراتور دو دستگاه مورد بررسی ،آنالیز فرکانس صوت انجام گردد. نتایج آنالیز فرکانس در شکل ۵ آمده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد صدا دارای باند پهن با الگوی صدای صورتی بوده و فرکانس غالب صدای هر دو دستگاه در محدوده ۱۲۵ هرتز بوده است. این نتایج در تعیین مصالح و نوع لایه‌بندی جداره اتاقک بسیار مهم می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵. نمودار آنالیز فرکانس در محل قرارگیری کارگران

نتایج محاسبات طراحی اتاقک نیز نشان داد با توجه به تراز فشار صوت دستگاه‌های مولد اصلی صدا، جهت دستیابی به حد مراقبت تراز فشار صوت، افت انتقال مورد انتظار (با درنظرگرفتن ۵ دسی‌بل دامنه اطمینان)، ۱۹ دسی‌بل می‌باشد. بر این اساس مطابق با رابطه ۱، فرکانس غالب و چگالی سطحی دو عامل موثر در برآورد فرکانس غالب است. با در نظرگرفتن فرکانس غالب دستگاه، حداقل چگالی سطحی مورد نیاز در فرکانس غالب ۱۲۵ هرتز، ۱۸/۶۲ کیلوگرم بر متر مربع برآورد گردید. علاوه بر عامل جرم سایر عوامل مانند اثر ارتعاشات جداره در فرکانسهای پایین و کنترل بازتابش‌های داخلی اتاقک در مراحل طراحی لایه باندی مورد نظر قرار گرفت.

با توجه به حداقل چگالی سطحی موردنیاز، بهترین پیشنهاد برای لایه عایق اصلی، ورق فولادی سیاه به ضخامت ۳ میلی‌متر با چگالی ۷۸۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. این لایه علاوه بر تامین چگالی سطحی موردنیاز (۲۳/۵۵ کیلوگرم بر مترمربع) مقاومت کافی در برابر صدا و ارتعاش را دارد و مقدار افت انتقال آن در فرکانس غالب برابر ۲۱/۸۷ دسی‌بل می‌باشد. فرکانس بحرانی در زوایای برخوردی مختلف صوت به ورق فولادی نیز در جدول ۳ ارائه شده است که نشان می‌دهد فرکانس بحرانی بسیار بالاتر از فرکانس مرکزی در ۱ اکتاوباند می‌باشد. جهت کنترل ارتعاشات احتمالی تشدیدکننده صدا در بدنه ورق فولادی، یک لایه فوم PVC خود چسب با ضخامت ۲ سانتی‌متر روی ورق فولادی انتخاب گردید.

جدول ۳. فرکانس بحرانی در ورق فولاد در زوایای مختلف محاسبه‌شده بر اساس رابطه ۲

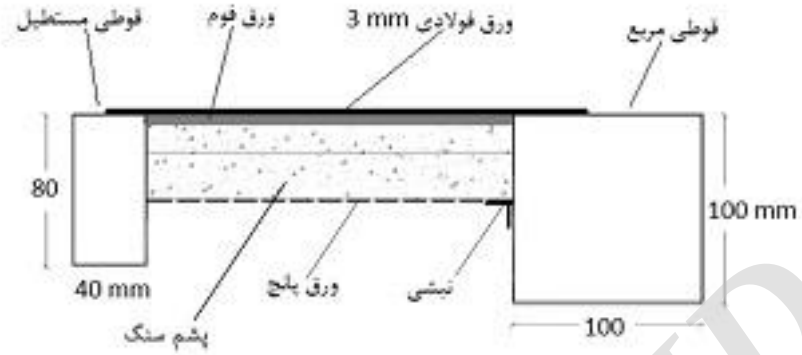
زاویه برخورد صوت با دیواره اتاقک	فرکانس بحرانی (Hz)
۳۰	۵۱۳۱
٤٥	۶۳۵۰
۶۰	۸۸۸۶
۹۰	٤٤٤٣

به‌منظور جلوگیری از انعکاس صدا در داخل اتاقک و تاحدودی نیز کمک به افت انتقال صدا، از یک لایه پشم‌سنگ به ضخامت ٤ سانتی‌متر با چگالی ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. سطح داخلی اتاقک شامل ورق فولادی گالوانیزه پانچ شده با سطح دهانه باز ۶۰ درصد و ضخامت ۱ میلی‌متر پیشنهاد گردید.

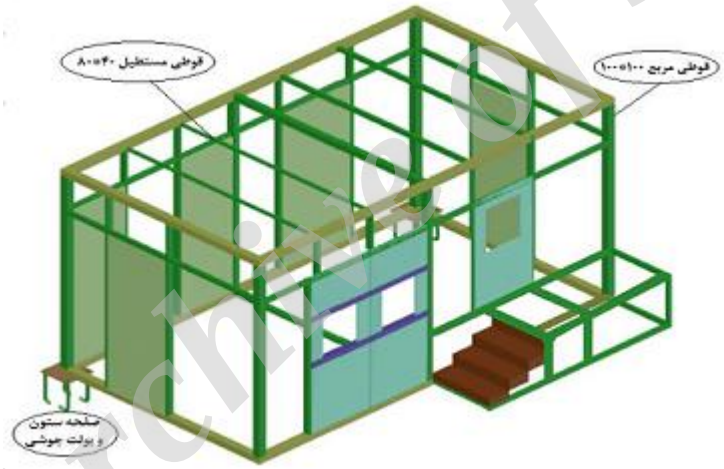
Archive of SID

www.SID.ir

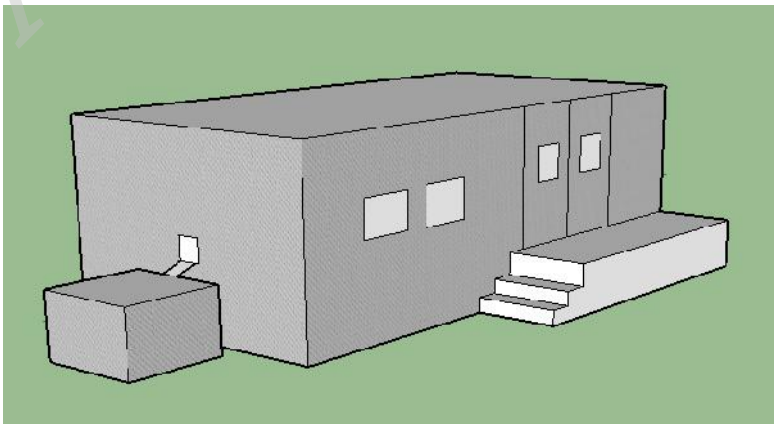
مساحت سطوح اتاقک دستگاه‌های BV2 و BR3 به‌ترتیب ۸٤ و ۹۳ مترمربع بود. ترتیب لایه‌های اتاقک طراحی‌شده و طرح سه بعدی اسکلت‌بندی اتاقک در شکل‌های ۶ و ۷ و نمای سه بعدی نهایی اتاقک در شکل ۸ ارائه شده است.



شکل ۶. ترتیب لایه‌های اتاقک طراحی‌شده



شکل ۷. طرح سه‌بعدی اسکلت‌بندی اتاقک‌ها



شکل ۸. نمای سه‌بعدی اتاقک‌های طراحی شده

Archive of SID
www.SID.ir

پس از اجرای دقیق این اتاقک‌ها با در نظر گفتن حد نشتی صدا معادل ۰/۱ درصد تراز صدای دستگاه BV2 از میزان ٤/٩٤ به ٧٤/٧ دسی‌بل و تراز صدای دستگاه BR3 از میزان ٩٥/٧ به ٧۶/٤ دسی‌بل کاهش می‌یابد (روابط ۳ تا ۵).

$$SPL_2(dB) = SPL_1 - TL + ۱۰\log S + 10\log(\frac{Q}{٤\pi r^2}) - ۶ \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

$$SPL_{BV2}(dB) = ۹٤/٤ - ۲۵ + ۱۰\log ۸٤ + ۱۰\log(\frac{۲}{٤\pi ۱^۲}) - ۶ = ٧٤/٧\ dB \qquad \text{(رابطه ٤)}$$

$$SPL_{BR3}(dB) = ۹۵/۷ - ۲۵ + ۱۰\log ۹۳ + ۱۰\log(\frac{۲}{٤\pi ۱^۲}) - ۶ = ۷۶/٤\ dB \qquad \text{(رابطه ۵)}$$

بحث

مطالعه حاضر با هدف شناسایی منابع اصلی مولد صدا و ارزیابی نتایج محصورسازی در یک صنعت پیچ‌سازی صورت پذیرفت. در این مطالعه، نتایج حاصل از تعیین مواجهه شاغلین با صدا با استفاده از روش دوزیمتری نشان داد که اکثریت افراد مورد بررسی با صدای بیش از حد مجاز مواجهه شغلی کشوری و بین‌المللی قرار دارند که بیشترین مواجهه برای اپراتور دستگاه BR3 و در حدود ۶ برابر حد مجاز می‌باشد و کمترین مواجهه برای نیروی فنی و در حدود ۱/۵ برابر حد مجاز می‌باشد. یکی از مهم‌ترین دلایل ایجاد این نتایج را می‌توان مرتبط با پایین بودن سطح فناوری تجهیزات مورد استفاده در صنعت مورد بررسی دانست. مستهلک بودن و فن‌آوری پایین تجهیزات یکی از عوامل معمول تولید صدای بالا در صنایع کشورهای مختلف بویژه کشورهای در حال توسعه می‌باشد. مستهلک بودن و نقایص مکانیکی در دستگاه‌ها توان صوتی منابع را تشدید و در نهایت منجر به افزایش دوز دریافتی اپراتورها می‌گردد. این نتایج همسو با نتایج دیگر مطالعات مشابه در این زمینه می‌باشد. جهانگیری و همکاران در مطالعه خود با عنوان مطالعه آلودگی صدا و ارائه طرح کنترل آن در طبقه همکف واحد توربین نیروگاه حرارتی شازند نشان دادند که یکی از مهم‌ترین دلایل صدای بالای محل مورد بررسی مستهلک بودن تجهیزات و فن‌آوری پایین آن بوده و این امر به نوبه خود باعث افزایش مواجهه شاغلین و اپراتور دستگاه‌ها با صدا گردیده است (۱۸). علاوه بر این، نتایج دزیمتری صدای اپراتور دستگاه‌های تولید پیچ که در مواجهه نزدیک و مستقیم با صدای منابع بوده‌اند همسو با نتایج دیگر مطالعاتی است که اپراتورهای مشابه در نزدیکی منابع تولید صدا در صنایع فلزی مشغول به کار بوده‌اند (۲۲-۱۹). گلمحمدی و همکاران در مطالعه‌ای با هدف اتاقک‌سازی به‌منظور کنترل صدای دستگاه هوا در یک صنعت فولاد نشان دادند که دوز صدای دریافتی شاغلین صنعت مورد بررسی بطور متوسط ۲۳۰ درصد بوده و و میزان مواجهه شاغلین اطراف دستگاه ۲/۳ برابر حدود مجاز ارائه‌شده توسط استاندارد ایران می‌باشد (۲۱).

اندازه‌گیری محیطی صدا نشان داد ۸۷/۷ درصد از ایستگاه‌های اندازه‌گیری در محدوده خطر و سایر ایستگاه‌ها در محدوده احتیاط قرار داشته‌اند و محدوده ایمن صدا برای هیچیک از کارگران وجود نداشت. تاجیک و همکاران در مطالعه‌ای آلودگی صوتی در یک صنعت فلزی را مورد بررسی قرار داده و اعلام نمودند که ۱۸ درصد ایستگاه‌های

Archive of SID

www.SID.ir

اندازه‌گیری‌شده در ناحیه خطر و مابقی در ناحیه احتیاط بوده است. در مطالعه حاضر نیز هیچ محدوده ایمن موجود نبوده است (۲۳). همچنین ارزیابی محیطی صدا نشان داد دو دستگاه BR3 و BV2 منابع اصلی مولد صدا در سالن تولید بوده و ارزیابی صدا پیرامون این دستگاه‌ها نشان داد میزان فاکتور جهت صوت پیرامون دستگاه BV2 برابر با ٤/٤ دسی‌بل و پیرامون دستگاه BR3 برابر با ۲/۲ دسی‌بل بوده است. به دلیل ضرورت اپراتوری مستقیم، کارگران مورد بررسی در محدوده حداکثر ترازفشارصوت اطراف دستگاه‌های مورد بررسی توقف داشته‌اند و با توجه به نیاز اپراتوری مستقیم، لزوم طراحی اتاقک بر روی تجهیزات محرز گردید. دستگاه‌های BR3 و BV2 دو دستگاه ساخت پیچ می‌باشند که به دلیل فرآیند برش، ته‌گردکنی و کله‌زنی تراز صدای بالایی تولید می‌کنند.

با توجه به صدای بالاتر از حد مجاز دستگاه‌ها و نوع فرآیند کاری آنها، مطالعه حاضر استفاده از اتاقک آکوستیک را در کاهش صدای دستگاه‌ها توصیه می‌نماید. زیرا زمانی که کاهش صدای بیش از ۱۰ دسی‌بل مدنظر است استفاده از اتاقک آکوستیک می‌تواند راهکار مناسبی در کنترل صدای منابع صنعتی باشد (١٤). تا کنون، کاربرد اتاقک آکوستیک و روش محصورسازی منابع تولیدکننده صدا در صنایع توسط محققین متعددی مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعه نصیری و همکاران که در یک منطقه نفتی به‌منظور تعیین اثر محصورسازی انواع مختلف منابع مولد صدا از جمله کمپرسورها و ژنراتورها انجام گرفت، مشخص گردید که با طراحی انواع مختلف از اتاقک‌های محصورکننده ترازصوتی آنها در محدوده ۲۰ تا ۳۰ دسی‌بل کاهش می‌یابد (١٤). گلمحمدی و همکاران نیز میزان کاهش ترازفشارصوت توسط محصورسازی دستگاه‌ها، در پالایشگاه نفت را ۲۰ دسی‌بل برآورد کرده‌اند (٢٤). بر این اساس به‌منظور کنترل صدای دستگاه‌های مولد صدا و کاهش صدا در سالن مورد بررسی و در نتیجه کاهش میزان صدای دریافتی توسط کارگران و پیشگیری از اثرات زیان‌آور صدا بر اساس روش‌های فنی و مهندسی، اتاقک‌های آکوستیکی با لایه‌بندی فشرده، طراحی گردید.

با توجه به فرکانس غالب صدای دستگاه‌ها، ضروری بود از موادی در ساختمان اتاقک به عنوان عایق استفاده شود که دارای چگالی بالا و در عین حال دارای فرکانس تشدید و بحرانی خارج از محدوده اثر تغییرات افت انتقال برای سه ناحیه رفتار صدا در دیواره و اتاقک باشد و نیز اینکه به لحاظ اقتصادی نیز موادی به عنوان عایق استفاده شود که از هزینه مناسبی برخوردار باشد. بر این اساس جهت طراحی لایه اصلی اتاقک از ورقه فولادی سیاه با ضخامت ۳ میلی‌متر و چگالی سطحی ۲۳/۵۵ کیلوگرم بر مترمربع در طراحی استفاده شد. استفاده از ورق فولادی به عنوان لایه اصلی مورد تایید ISO15667 می‌باشد (۲۵). دلیل استفاده از این ضخامت این بود که ورق فولاد در ضخامت‌های پایین‌تر از خود علاوه بر کاهش کارایی، موجب تولید ارتعاش و در نتیجه صدا می‌گردد و در ضخامت‌های بالاتر موجب سنگین‌شدن اتاقک خواهد شد (۱۶). همچنین فرکانس بحرانی آن در زوایای مختلف برخورد صوت به دیواره بیش از ٤ کیلوهرتز بدست آمد که بسیار بالاتر از فرکانس غالب صدای دستگاه‌های مولد صدا است. استفاده از یک لایه فوم جهت کنترل ارتعاشات دیواره عایق و استفاده از یک لایه پشم‌سنگ به عنوان جاذب صوت در سطوح داخلی که در برابر بخار روغن نیز مقاوم باشد نیز ضروری می‌باشد. کوکو و همکاران نیز پیشنهاد داده‌اند در ساخت اتاقک آکوستیک از پنل‌های چند لایه‌ای از مواد مختلف استفاده شود (۲۶). گلمحمدی و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که طراحی یک اتاقک با لایه عایق اصلی از نوع ورق فولادی و لایه پشم‌شیشه و ورق پانچ بعنوان جاذب در سطح داخلی

Archive of SID

www.SID.ir

دیواره آن با درنظرگرفتن ۰/۰۰۱ نشتی باعث ایجاد افت انتقال عملی صوت در حدود ۳۰ دسی‌بل خواهد شد (۲۱). همچنین جهانگیری و همکاران نیز بیان نمودند که طراحی اتاقک شامل محصورکننده‌ای با لایه اصلی از جنس فولاد و لایه داخلی از جنس فوم لاستیکی، با احتساب ۱ درصد نشتی باعث کاهش تراز فشار صوت پمپ تغذیه‌کننده آب تا حدود ۲۰ دسی‌بل خواهد شد (۱۵). در کلیه این مطالعات استفاده از مصالح و لایه‌بندی مشابه با مطالعه مذکور باعث کاهش چشمگیر صدا گردیده و اتاقک‌سازی را بعنوان یک روش مناسب جهت اینگونه دستگاه‌ها معرفی نموده‌اند. بر اساس بررسی‌های انجام پذیرفته توسط نویسندگان این تحقیق، بررسی حاضر اولین مطالعه‌ای است که میزان مواجهه شاغلین با صدا را در یک صنعت تولید پیچ مورد ارزیابی قرار داده و طرح کنترل صدا را برای تجهیزات این صنعت ارائه نموده است. به همین علت، به دلیل فقدان مطالعات مشابه، مقایسه دقیق نتایج مطالعه حاضر با نتایج دیگر مطالعات مقدور نبود که این مطلب از جمله محدودیات این مطالعه می‌باشد. در نتیجه، انجام مطالعات مشابه در صنایع مشابه و همچنین ارائه و خصوصاً اجرای طرح کنترلی صدا برای تجهیزات مشابه با مطالعه حاضر توسط دیگر محققین در آینده پیشنهاد می‌گردد. انجام چنین مطالعاتی می‌تواند اطلاعات واقع بینانه‌تری را در زمینه وضعیت صدای این صنعت در اختیار قرار دهد.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که دو دستگاه BV2 و BR3 در سالن تولید، منابع اصلی صدا بوده و اتاقک‌سازی راهکاری مناسب جهت کنترل صدا بر روی این دو دستگاه می‌باشد. با توجه به برآورد تئوریک صورت گرفته در ارتباط با محصورسازی این دو دستگاه، انتظار می‌رود، طراحی و اجرای اصولی اتاقک برای این دستگاه‌ها تراز فشارصوت دستگاه‌های BV2 و BR3 را به میزان ۱۹/۷ و ۱۹/۳ دسی‌بل کاهش داده و صدای این دستگاه‌ها را به ۷٤/۷ و ۷۶/٤ دسی‌بل رساند که در اینصورت، تراز معادل مواجهه اپراتورها، به زیر حد مجاز خواهد رسید.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله از کلیه کارکنان شرکت پیچ‌سازی، بخصوص کارشناس محترم بهداشت حرفه‌ای این شرکت تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آورند. این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه پژوهشی مقطع کارشناسی‌ارشد ثبت شده به شماره ۹۵۰۸۱۱٤۵۹۹ می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم‌پزشکی همدان انجام شده است.

References

1- Dube KJ, Ingale LT, Ingale ST. Hearing impairment among workers exposed to excessive levels of noise in ginning industries. Noise and Health. 2011;13(54):348-55.
2- Golmohammadi R, Amjad Sardrudi H, Dormohammadi A, Musavi S. Study of occupational noise - induced hearing loss in a tractor manufacturing plant. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2013;4(3):28-33[In Persian].
3- Mohammadpour H, Najarkola SAM, Jalali M, Asl AH, Rahmati A. GIS-Based Noise and Hearing Loss Screening in Publishing Factory. J Health Scope. 2013;2(3):156-61.
4- Agrawal Y, Niparko JK, Dobie RA. Estimating the effect of occupational noise exposure on hearing thresholds: the importance of adjusting for confounding variables. Ear and hearing. 2010;31(2):234-7.

Archive of SID

www.SID.ir

5- Farhang Dehghan S, Monazzam MR, Nassiri P, Haghighi Kafash Z, Jahangiri M. The Assessment of Noise Exposure and Noise Annoyance at a Petrochemical Company. Journal of Health and Safety at Work. 2013;3(3):11-24[In Persian].
6- Negahban S, Mossavion S, Ebrahimi Hariri A, Mollakazemiha M, Jalali M. Correlation between Screening estimation and noise measurement in Small Plants in Varamin city. J Health Saf Work 2013;3(2):79-86 [In Persian].
7- Moradpour Z, Farhadi S, Mohsenabadi M, Jalali M, Hesam G. Using the Absorptive-Dissipative Silencer in Air Conditioning Systems of an Office Environment in Order to Provide Acoustic Comfort. Iranian Journal of Health, Safety and Environment. 2018;5(4):1138-43.
8- Collee A, Legrand C, Govaerts B, Van Der Veken P, De Boodt F, Degrave E. Occupational exposure to noise and the prevalence of hearing loss in a Belgian military population: a cross-sectional study. Noise and Health. 2011;13(50):64-70.
9- Mihailovic A, Grujic SD, Kiurski J, Krstic J, Oros I, Kovacevic I. Occupational noise in printing companies. Environmental monitoring and assessment. 2011;181(1):111-22.
10- Jafari MJ, Karimi A, Haghshenas M. Extrapolation of experimental field study to a National Occupational Noise Exposure Standard. International Journal of Occupational Hygiene. 2010;2(2):63-8.
11- Forouharmajd F, Shabab M. Noise Pollution Status in a Metal Melting Industry and the Map of Its Isosonic Curve. Jundishapur Journal of Health Sciences. 2015;7(4):46-50[In Persian].
12- Pourabdiyan S, Ghotbi M, Yousefi H, Habibi E, Zare M. The epidemiologic study on hearing standard threshold shift using audiometric data and noise level among workers of Isfehan metal industry. Koomesh. 2009;10(4):253-60[In Persian].
13- Monazzam M, Farhang Dehghan S, Nassiri P, Jahangiri M. Determination of the dominant sound source in an Air production plant of a petrochemical industry and assessing the effectiveness of its enclosing. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2015;7(2):44-56[In Persian].
14- Nassiri P, Zare M, Golbabaei F. Evaluation of noise pollution in oil extracting region of Lavan and the effect of noise enclosure on noise abatement. Iran Occupational Health. 2007;4(3):49-56[In Persian].
15- Jahangiri M, golmohammadi R, Aliabadi M, Jalali M. Noise control of feed water pumps in a thermal power plant. Iran Occup Health J 2017;14(1):81-92 [In Persian].
16- Golmohamadi R, Aliabadi M, Darvishi E. Enclosure design fornoise control of air blowerin a typical steel industry. Iran Occupational Health Journal. 2014;11(2):1-12[In Persian].
17- International Organization for Standardization. Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic rooms. Acoustics, editor: ISO 3745; 2012.
18- Mohammad Jahangiri, Rostam Golmohammadi, Mohsen Aliabadi. Study of noise pollution and noise control plan in the ground floor of turbine unit of the shazand thermal power plant [MSc Thesis]. Iran: Hamadan University of Medical Sciences; 2014[In Persian].
19- Aliabadi M, Darvishi E, Shafikhani A. Assessment of the environmental sound level and the noise exposure in a steel Industry. Health System Research. 2015;11 (2):327-37[In Persian].
20- Golmohamadi R, Aliabadi M, Darvishi E. Room acoustic analysis of blower unit and noise control plan in the typical steel industry. Journal of Health and Safety at Work. 2013;2(4):41-50[In Persian].
21- Golmohamadi R, Aliabadi M, Darvishi E. Enclosure design fornoise control of air blowerin a typical steel industry. Iran Occupational Health Journal. 2014;11(2):1-12[In Persian].
22- Hojati M, Golmohammadi R, Aliabadi M. Determining the Noise Exposure Pattern in a Steel Company. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2016;2(4):1-8.
23- Tajic R, Ghadami A, Ghamari F. The Effects of Noise Pollution and Hearing of Metal Workers in Arak. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences. 2008;10(4):291-9[In Persian].
24- Golmohammadi R, Monazzam MR, Nourollahi M, Nezafat A, Momen Bella Fard S. Evaluation of Noise Propagation Characteristics of Compressors in Tehran Oil Refinery Center and Presenting Control Methods. Journal of Research in Health Sciences. 2010;10(1):22-30.

Archive of SID

www.SID.ir

25- ISO 15667. Acoustics, Guidelines for noise control by enclosures and cabins. Geneva: International Organization for Standardization, 2000.
26- Kuku R, Raji N, Bello T. Development and Performance Evaluation of Sound proof Enclosure for Portable Generators. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. 2012;4(16):2600-3.

Archive of SID

www.SID.ir