Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 17:48 IRST on Tuesday February 11th 2020

دوماهنامه سلامت کار ایران دوره ۱۵، شماره ۱، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۷

کنترل آلودگی صوتی پمپ آب با استفاده از پرده‌های آکوستیک طراحی شده در یک ساختمان مسکونی شهر قزوین

علی صفری واریانی[۱]، سعید احمدی*[۲]، سجاد زارع[۳]، ویدا زراوشانی[۴]، معصومه قربانی ده[۵]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۳ تاریخ ویرایش: ۹۶/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: استفاده از پمپ آب در ساختمان های مسکونی جهت تأمین فشار آب موردنیاز، با ایجاد آلودگی صوتی و آزار ساکنین همراه است. لذا هدف مطالعه حاضر، کنترل آلودگی صوتی پمپ آب با استفاده از پرده‌های آکوستیک طراحی شده در یک ساختمان مسکونی شهر قزوین می‌باشد.

روش بررسی: متوسط تراز فشار صوت قبل و بعد از مداخله کنترلی در اطراف منبع صوت با استناد به استاندارد Iso 9612 و با استفاده از تراز سنج صدا (Cassella Cell-450) اندازه گیری شد. آنالیز فرکانس در پهنای یک اکتاوباند و در شبکه A صورت گرفت. مشخصه های آکوستیکی پرده های آکوستیک (ضخامت، جنس و ابعاد) بر اساس افت انتقال صدای مورد نیاز در فرکانس غالب تعیین شد. دبی حجمی هوای موردنیاز به منظور تنزل دما تا ۴۰ درجه سانتیگراد در داخل محصورکننده برای حفظ شرایط دمایی مطلوب عملکرد پمپ با استفاده از قانون بقاء انرژی و جرم محاسبه شد. دمای داخل محفظه با دماسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: متوسط تراز فشار صوت قبل و بعد از کنترل در اطراف پمپ به ترتیب۶۷ dBA و ۴۶ dBA اندازه‌گیری شد. میزان افت الحاقی مورد نیاز در فرکانس غالب (۲۰۰۰ هرتز) جهت انطباق با استاندارد صدا در ساختمان های مسکونی ۲۶ دسی بل در نظر گرفته شد و براساس آن دانسیته سطحی مورد نیاز برای ساخت پرده های آکوستیک محاسبه شد. متوسط تراز فشار صوت اندازه گیری شده پس از کنترل (۴۶dBA) بامیزان پیش بینی شده برای آن از طریق محاسبات ریاضی (۴۷dBA) تفاوت معنی‌داری نداشت. دبی حجمی هوای مورد نیاز جهت حفظ دمای ۴۰ درجه سانتیگراد در داخل محفظه، ۱/۲ مترمکعب بر دقیقه محاسبه شد. دما در داخل محفظه ۳۸ درجه سانتیگراد اندازه گیری شد.

نتیجه‌گیری: کنترل آلودگی صوتی با استفاده از پرده‌های آکوستیک با هزینه و وزن کمتر، سرعت نصب و درزگیری بالاتر می‌تواند به‌عنوان یکی از روش‌های مناسب در محصورسازی منابع صوتی در نظر گرفته شود.

کلیدواژه‌ها: آلودگی صوتی، پمپ آب، پرده‌های آکوستیک، کنترل صدا.

مقدمه

رشد سریع جمعیت در کنار توسعه شهرنشینی و پیشرفت علوم و صنایع مختلف علاوه بر فراهم نمودن رفاه و آسایش عمومی برای انسان‌ها مشکلاتی نیز به همراه آورده است که ازجمله آن‌ها می‌توان به آلودگی صوتی اشاره کرد و امروزه خیل عظیمی از افراد چه در محیط کار و چه در محل زندگی از آزار ناشی از آن در مخاطره‌اند. موضوع آلودگی صدای شهر در اکثر کشورها به‌عنوان یک مشکل فراگیر و بلکه جهانی مطرح می‌باشد و معیاری مهم برای تعیین کیفیت زندگی در شهرها محسوب می‌شود که رفاه اجتماعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تحریک‌پذیری، سردرد، خستگی، مشکل در تمرکز، احساس فشار در سر و پلک‌ها، اختلال خواب و روان‌پریشی ازجمله اثرات غیر شنیداری مواجهه با صدا هستند، بنابراین نکته مهمی که علاوه بر اثرات فیزیکی و جسمی صدا باید موردتوجه قرار گیرد اثرات روانی ناشی از آن می‌باشد [۱-۳].

از منابع آلودگی صوتی در ساختمان‌های مسکونی به تجهیزاتی مانند وسایل برقی خانگی، موتورهای الکتریکی، حرکت آسانسورها و...می‌توان اشاره نمود [۴]. پمپ و الکتروموتور از اجزاء اصلی سیستم تأمین

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران. saeidahmad@gmail.com

۳- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران.

۴- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران.

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران.

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 17:48 IRST on Tuesday February 11th 2020

فشار آب در ساختمان‌هایی هستند که با مشکل کاهش فشار آب مواجه هستند. صدای منتشره از پمپ‌ها ناشی از عملیات هیدرولیکی و مکانیکی می‌باشد. از منابع اصلی ایجاد صدا د ر پمپ‌ها و الکتروموتور آن می‌توان به پدیده حفره سازی، نوسانات فشار سیال، برخورد سطوح سخت با یکدیگر، عدم توازن دینامیکی روتور، فن خنک‌کننده و عدم توازن شفت اشاره کرد [۳ ، ۴].

اگرچه کنترل صدا در منبع به‌عنوان یکی از بهترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های کنترل صدا در نظر گرفته می‌شود ولی با توجه به اینکه ایجاد اصلاحات و تغییرات اساسی در عملکرد و طراحی دستگاه‌های صدادار به‌سختی قابل انجام است، بنابراین روش‌های کنترل صدا در مسیر و دریافت‌کننده می‌توانند به‌عنوان جایگزین مناسبی در نظر گرفته شوند [۵-۷].

سازمان حفاظت از محیطزیست هنگ‌کنگ برای کنترل صدای ناشی از پمپ‌ها روش‌هایی نظیر محصورسازی کلی و جزئی، استفاده از موانع صوتی، تعویض بلبرینگ‌ها، استفاده از ایزولاتورها و لوله‌های قابل‌انعطاف را پیشنهاد داده است [۸].

محصورکننده‌های صوتی در شرایطی که کاهش صدایی بیشتر از ۱۰ دسی‌بل نیاز است یکی از عملی‌ترین روش‌های کنترل صدا می‌باشد، اگرچه که هزینه اولیه ساخت آن به‌عنوان یکی از معایب استفاده از این روش ذکرشده است. افت انتقال مواد عایق صوت، سیستم تهویه، نصب پنجره و دسترسی به دستگاه ازجمله پارامترهای مورد توجه در طراحی و ساخت محصورکننده‌های آکوستیک است [۴، ۷]. ازجمله موادی که در محصورسازی منابع صوتی استفاده شده می‌توان به ورق‌های آهن با ضخامت‌های مختلف، چوب نئوپان، پشم سنگ، پشم‌شیشه، فوم پلی‌اورتان و ورق پانچ اشاره نمود [۳، ۹ و۱۰].

پرده‌های آکوستیک ترکیبی از عایق‌ها و جاذب‌های صوتی هستند که با هدف کنترل صدای ناشی از انواع منابع صوتی صنعتی و زیست محیطی استفاده می‌شوند. عایق‌ها و جاذب‌های صوتی مورد استفاده در پرده‌های آکوستیک عمدتاً از مواد لاستیکی، پلاستیکی و الیاف پایه معدنی هستند [۶]. پرده‌های آکوستیک به دلیل برخورداری از ویژگی هایی نظیر اثربخشی خوب، وزن سبک، ماندگاری و مقاومت محیطی زیاد، تنوع در ضخامت با توجه به میزان صدا، قابلیت تطبیق‌پذیری با شرایط منابع صوتی، نصب آسان و قیمت از کاربرد بالایی در فرایند عایق سازی صوتی برخوردار هستند [۱۱].

Ismail و همکاران از الیاف طبیعی برای ساخت پرده‌های آکوستیک استفاده کردند. پرده‌های آکوستیک مورداستفاده در این مطالعه فقط شامل مواد جاذب صوت و ترکیبی از الیاف طبیعی و فوم پلی اورتان بود. محصورسازی منابع صوتی با استفاده از پرده‌های آکوستیک حاوی الیاف طبیعی نقش مؤثری در کاهش صدا داشت [۱۲]. Grashof به‌منظور کنترل صدای ناشی از پمپ‌های سانتریفیوژی در یک مجتمع پتروشیمی طراحی محفظه جزئی را به‌عنوان روش برتر پیشنهاد داد [۱۳]. دپارتمان ایمنی و بهداشت انگلستان از نوارهای پلاستیکی از جنس پلی وینیل کلراید در اطراف یک دستگاه پرس ضربه‌ای برای محصور سازی استفاده کرد [۱۴].

مطابق استانداردهای سازمان حفاظت از محیطزیست ایران، حد مجاز تراز معادل فشار صوت (dB A Leq_{30}) برای منطقه مسکونی از ۷ صبح تا ۱۰ شب ۵۵ دسی‌بل و از ۱۰ شب تا ۷ صبح ۴۵ دسی‌بل می‌باشد [۱۵]. با توجه به این استاندارد و نیز شکایت ساکنین آپارتمان از صدای تولید شده توسط پمپ آب، این مطالعه با هدف کنترل صدای پمپ آب با پرده‌های آکوستیک به روش محصورسازی کلی و برآورد میزان اثربخشی این مداخله در کاهش صدا در یک آپارتمان مسکونی شهر قزوین انجام شد.

روش بررسی

این مطالعه در طی سه مرحله شامل اندازه گیری و آنالیز صدای پمپ آب، طراحی، ساخت و نصب محفظه آکوستیک با استفاده از پرده‌های آکوستیک و در پایان محاسبات سیستم تهویه مورد نیاز محفظه آکوستیک

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 17:48 IRST on Tuesday February 11th 2020

به شرح زیر انجام گردید:

۱- اندازه‌گیری و آنالیز فرکانس صدای پمپ آب: اندازه گیری صدا با استفاده از یک صداسنج (Cassella Cell 450 Type2,UK) و برطبق استاندارد Iso 9612 انجام گردید و برای کالیبراسیون صداسنج از کالیبراتور مدل Cell-110/2 استفاده شد [۱۶]. سرعت پاسخ صدا سنج در شبکه Slow و شبکه توزین فرکانسی A تنظیم گردید. تراز معادل پنج‌دقیقه ای در ۴ نقطه به فاصله ۴۰ سانتی‌متر از پمپ اندازه گیری و متوسط تراز فشار صوت پمپ به روش حسابی محاسبه گردید. آنالیز فرکانسی صدا در فرکانس های یک اوکتاوباند و در شبکه توزین فرکانس A انجام شد.

۲- طراحی، ساخت و نصب محفظه آکوستیک: با استفاده از اطلاعات بدست آمده از آنالیز تراز فشار صوت، فرکانس غالب صدای پمپ تعیین گردید. سپس بر اساس استاندارد صدای سازمان حفاظت محیط زیست ایران در ساختمان های مسکونی (۴۵ دسی‌بل در شب و ۵۵ دسی‌بل در روز) میزان افت الحاقی موردنیاز مشخص شد. میزان افت الحاقی مورد نیاز برای کنترل صدا در فرکانس غالب (۲۰۰۰ هرتز) جهت مطابقت با استاندارد مجاز سازمان محیط‌زیست ۲۶ دسی‌بل در نظر گرفته شد و بر اساس آن دانسیته سطحی مورد نیاز برای عایق اصلی مورد استفاده در ساخت پرده آکوستیک با توجه به میزان افت الحاقی و قانون جرم محاسبه گردید. فرکانس بحرانی عایق اصلی مورد استفاده در پرده آکوستیک(لاستیک) با استفاده از فرمول(۱) تعیین شد [۴].

فرمول (۱)
$$f_c = \frac{M_S\, f_C}{M_S}$$

M_s: دانسیته سطحی (کیلوگرم بر مترمربع)

f_c: فرکانس بحرانی (هرتز)

با توجه به ابعاد موردنظر برای محصورسازی پمپ، سرعت صوت و فرکانس صدا(فرمول۲) از محاسبات مربوط به محفظه های بزرگ برای برآورد کاهش تراز فشار صوت استفاده شد [۷،۴].

فرمول (۲)
$$\frac{f v_o^{1/3}}{c} \geq 1$$

v_o= حجم هوای داخل محفظه (مترمکعب)

f =فرکانس موردنظر (هرتز)

C= سرعت صوت داخل محفظه (متر بر ثانیه)

با توجه به دانسیته سطحی موردنیاز برای کنترل صدای پمپ، ضخامت عایق صوتی(لاستیک) که در بخش مرکزی پرده قرار می‌گیرد تعیین گردید. در ادامه به‌منظور کاهش انعکاس‌های داخل محفظه جاذب صوتی با ضخامت برابر یک‌دهم طول‌موج فرکانس طراحی (فرکانس غالب) تعیین شد. سپس با استفاده از ضریب افت انتقال و ضریب جذب جاذب صوتی بکار گرفته‌شده و در نظر گرفتن دریچه‌های ورود و خروج هوا و ابعاد محفظه، میزان افت الحاقی در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از منبع صوت با استفاده از فرمول (۳) محاسبه گردید [۷،۳].

فرمول (۳)
$$IL = 10\, log\left(1 + \frac{\sum S_J \times \alpha_J}{\sum S_J \times \alpha_{tJ}}\right)$$

IL= میزان افت الحاقی(دسی‌بل)

α_J= ضریب جذب

S_J= مساحت دیواره (مترمربع)

α_{tJ}= ضریب افت انتقال

پرده‌های آکوستیکی که به‌عنوان دیواره اصلی در محصورسازی منبع صوت در نظر گرفته شد متشکل از لایه‌های جاذب و عایق صوتی می‌باشد. با توجه به لایه‌های در نظر گرفته شده در پرده های آکوستیک که به‌ترتیب از خارج به داخل شامل: پارچه برزنت، پشم سنگ، لاستیک، پشم سنگ و پارچه برزنت است، مراحل برشکاری و دوخت پرده‌های آکوستیک توسط یک خیاط صنعتی انجام شد. درزگیری محل عبور لوله ها و اتصالات عبور داده شده از پرده‌ها با استفاده از چسب های پلی اورتان صورت گرفت. پس از نصب پرده های آکوستیک، اندازه‌گیری صدا به‌منظور بررسی عملکرد محفظه آکوستیک انجام شد.

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 17:48 IRST on Tuesday February 11th 2020

۳ – محاسبات تهویه داخل محفظه آکوستیک:

با توجه به توان الکتریکی الکتروموتور پمپ آب و استاندارد دمایی برای حفظ عملکرد مطلوب الکتروموتور(کمتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد) و نیز با توجه به دمای اندازه گیری شده در مکان قرارگیری پمپ، دبی حجمی مورد نیاز جهت کاهش دمای داخل محفظه محاسبه گردید(فرمول ۴) [۷].

فرمول (۴)

$$V = \frac{H}{\Delta T\, \rho\, C_P}$$

ρ: دانسیته هوا (کیلوگرم بر مترمکعب)

ΔT: اختلاف دمای داخل و خارج محفظه (درجه سانتی‌گراد)

V: دبی حجمی موردنیاز (فوت مکعب بر دقیقه)

H : توان الکتریکی پمپ (وات)

C_p : ظرفیت گرمایی ویژه هوا (مترمربع بر مجذور ثانیه و درجه سانتی‌گراد)

بعد از نصب محصورکننده آکوستیک، سنجش دمای هوای داخل محفظه با استفاده از یک دماسنج الکلی انجام شد.

یافته‌ها

تراز معادل فشار صوت اندازه گیری شده قبل و بعد از محصورسازی در ۴ نقطه در اطراف پمپ در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. متوسط تراز فشار صوت در اطراف پمپ آب قبل از محصورسازی۶۷dBA اندازه گیری شد(جدول ۱). نتایج آنالیز فرکانس صدای پمپ آب نشان داد که بیشترین تراز فشار صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز و برابر با ۷۱ dBA است (جدول ۲). دانسیته سطحی لاستیک مورد استفاده در بخش مرکزی پرده‌های آکوستیک ۵/۱کیلوگرم بر مترمربع محاسبه شد. فرکانس بحرانی عایق لاستیکی مورد استفاده در پرده آکوستیک با در نظر گرفتن مقدار M_sf_c، که برابر با $Hz\text{-}Kg/m^2$ ۳۶۹۰۰ بود، ۷۲۳۵ هرتز محاسبه شد که بزرگ‌تر از فرکانس طراحی بود [۴]. ابعاد در نظر گرفته‌شده برای ساخت محفظه آکوستیک (۵۵ ×۵۰ ×۴۰) سانتی‌متر مکعب بود (شکل ۱).

جدول ۱– تراز معادل فشار صوت در چهار نقطه اطراف پمپ قبل و بعد از محصورسازی

ایستگاه اندازه‌گیری	قبل از محصورسازی	بعد از محصورسازی
۱	۶۷	۴۶
۲	۶۴	۴۷
۳	۶۸	۴۷
۴	۶۶	۴۶
متوسط تراز فشار صوت(dBA)	۶۷	۴۶

با توجه به ضرایب جذب ماده جاذب و ضریب افت انتقال عایق مورداستفاده در بخش مرکزی پرده آکوستیک (لاستیک) میزان افت الحاقی در هریک از

(الف)

(ب)

شکل ۱– (الف) قبل از محصورسازی (ب) بعد از محصورسازی

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 17:48 IRST on Tuesday February 11th 2020

جدول ۲- متوسط تراز فشار صوت قبل و بعد از کنترل در فرکانس‌های اوکتاوباند در اطراف پمپ آب

فرکانس(هرتز)	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰	جمع تراز فشار صوت
میانگین صدا قبل از کنترل در ۴ نقطه	۳۸	۴۴	۵۰	۶۶	۷۱	۶۰	۶۶/۷۰	۶۷
افت الحاقی محاسبه شده	۴	۹	۱۶	۳۳	۳۰	۳۳	۳۴	۳۷
تراز فشار صوت پیش‌بینی‌شده بعد از محصورسازی	۳۶	۳۵	۳۴	۴۳	۳۳	۳۶	۲۶	۴۷
تراز فشار صوت اندازه‌گیری شده بعد از محصورسازی	۳۵	۳۶	۳۸	۴۱	۴۲	۳۸	۴۷/۳	۴۶

فرکانس‌های اکتاو محاسبه شد و در ادامه تراز فشار صوت پیش‌بینی‌شده بعد از کنترل با پرده‌های آکوستیک طراحی‌شده، ۴۷ دسی‌بل برآورد گردید (جدول ۲). متوسط حسابی تراز فشار صوت در چهار نقطه در اطراف منبع صوت بعد از کنترل با استفاده از پرده‌های آکوستیک نیز ۴۶ دسی‌بل اندازه‌گیری شد. (جدول ۱). میزان صدای اندازه گیری شده پس از کنترل، با لحاظ کردن صدای فن دمنده نصب شده برروی محصور کننده بود.

با توجه به اینکه دمش هوای محیطی به داخل محفظه می‌تواند با تلاطم جریان بیشتر همراه باشد از یک فن دمنده ۱۲ ولت با ابعاد ۱۲× ۱۲برای دمش هوا به داخل محفظه استفاده شد (شکل ۳). دبی مورد نیاز برای حفظ دمای داخل محفظه در محدوده بهینه (کمتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد) ۱/۲ مترمکعب بر دقیقه محاسبه شد. پس از نصب یک فن دمنده، دمای هوا در بخش داخلی محفظه آکوستیک، ۳۸ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

شکل ۳- نمای داخلی محفظه آکوستیک به همراه محل نصب سیستم تهویه

بحث و نتیجه‌گیری

شکایت و ناراحتی ساکنین مجتمع مسکونی به علت آلودگی صوتی پمپ آب مستقر در طبقه همکف زمینه لازم برای کنترل صدای ناشی از این پمپ را فراهم کرد. میانگین تراز فشار صوت اندازه‌گیری شده (۶۷ دسی‌بل) در اطراف پمپ آب، بالاتر از حدود مجاز مناطق مسکونی تعیین‌شده توسط استاندارد سازمان محیطزیست کشور بود [۱۵].

به‌منظور انتخاب و اجرای روش‌های کنترل صدا لازم است تمام موارد فنی و اقتصادی را در نظر گرفت. با توجه به هزینه‌های بسیار سنگین روش‌های کنترل صدا، استفاده از روش های کم هزینه و پربازده از نظر اقتصادی به صرفه است. چنانچه با استفاده از روش های کم هزینه تر، تراز فشار صوت به میزان آستانه مجاز کاهش داده شود نیازی به هزینه های زیاد نمی‌باشد [۱۷]. در همین راستا برای اجرای این طرح تحقیقاتی از پرده‌های آکوستیک برای محصورسازی پمپ آب استفاده شد.

استفاده از لاستیک در هسته مرکزی پرده های آکوستیک طراحی شده باعث گردید تا وزن پرده های آکوستیک در مقایسه با سایر عایق های مورد استفاده در صنعت نظیر ورق های فلزی کاهش یابد. پرده‌های آکوستیک در مقایسه با پانل‌های فلزی که متشکل از ورق سیاه، پشم سنگ تخته‌ای و ورق پانچ می‌باشند بسیار سبک‌تر هستند. وزن هر مترمربع از پرده‌های آکوستیک مورداستفاده در این طرح در حدود ۷ کیلوگرم بود. درحالی‌که وزن پانل‌های فلزی در حدود ۲۳ کیلوگرم می‌باشد [۳]. وزن کم پرده‌های آکوستیک باعث می‌شود تا عملیات نصب و بهره‌برداری از آن‌ها

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 17:48 IRST on Tuesday February 11th 2020

به‌سرعت انجام شود. از طرفی به‌منظور عبور لوله‌ها، کانال‌ها، کابل‌های برق از بدنه محصورکننده‌های آکوستیک ساخته‌شده از پرده‌های آکوستیک با استفاده از یک قیچی این عملیات قابل انجام است و درزگیری آن‌ها به‌راحتی انجام می‌گردد، درحالی‌که استفاده از پانل‌های فلزی مستلزم برشکاری، جوشکاری و صرف زمان بیشتر است. نصب و جداسازی پرده‌های آکوستیک بر روی شاسی مورد استفاده برای نصب پرده‌ها به‌سرعت و با استفاده از چسب‌های دوطرفه انجام می‌شود، لذا به‌منظور تعمیرات و نگه‌داری به سرعت از شاسی جدا شده و مجدد نصب می گردند. در محصورکننده‌های آکوستیک ساخته‌شده با پانل‌های فلزی، نصب پانل‌های فلزی بر روی شاسی با استفاده از پیچ و مهره و یا جوشکاری انجام می‌شود که نصب و جداسازی پانل‌ها جهت انجام امور تعمیرات و نگه داری مستلزم صرف زمان زیادی است [۶، ۱۱].

میانگین تراز فشار صوت اندازه‌گیری شده پس از نصب پرده‌های آکوستیک (۴۶ دسی‌بل) با تراز فشار صوت پیش‌بینی‌شده (۴۷ دسی‌بل) تقریباً تطابق داشت. تراز فشار صوت اندازه‌گیری شده پس از نصب پرده‌های آکوستیک (۴۶ دسی‌بل) با استاندارد مجاز سازمان محیطزیست کشور برای مناطق مسکونی (۴۵ دسی‌بل) اختلاف چندانی نداشت[۱۵]. از طرفی باید به این نکته توجه داشت که پمپ آب در طبقه همکف قرار داشت و فاصله بین طبقه همکف و ساکنین طبقه اول نیز می‌تواند باعث کاهش بیشتر صدا شود. نظرسنجی انجام شده از ساکنین ساختمان پس از نصب محصورکننده صوتی نشان‌دهنده رضایت کامل ساکنین از میزان کاهش صدای پمپ آب بود.

در مطالعات گلمحمدی و همکاران برای ساخت محصورکننده های آکوستیکی در صنایع مختلف عمدتا از ورق های آهن(۲ میلیمتر)، پشم سنگ تخته ای، فوم پلی اورتان و ورق های آهن مشبک استفاده شده است [۳،۹و۱۰]. در مطالعه حاضر از پرده های آکوستیک استفاده شده است که وزن آنها(۷ کیلوگرم بر مترمربع) کمتر از پانل های ساندویچی ساخته شده از ورق های آهن می‌باشد. در مطالعات قبلی میزان کاهش صدا در محفظه های آکوستیک ساخته شده از ساندویچ پانل های فلزی در حدود ۲۵ – ۲۰ دسی بل بود [۳،۹و۱۰]. در این مطالعه میزان کاهش صدا در محفظه آکوستیک ساخته شده از پرده های آکوستیک حدود ۲۰ دسی بل بود. لذا با توجه به عملکرد آکوستیکی تقریباً مشابه محفظه آکوستیک ساخته شده از پرده های آکوستیک با محفظه های فلزی اشاره شده در مطالعات فوق، و هزینه پایین تر و نصب راحت تر پرده های آکوستیک ارجحیت پرده های آکوستیک مشهود به نظر می رسد.

الکتروموتور مورداستفاده در پمپ آب نیروی مکانیکی لازم را برای تأمین فشار و گردش آب در پمپ فراهم می‌نماید. با وجود اینکه کلاس عایق‌بندی الکتروموتور پمپ آب مورداستفاده در این مطالعه از نوع F (۱۵۰ درجه سانتی‌گراد تحمل دمایی) بود ولی در شرایط محصورسازی پمپ و افزایش دمای داخلی محصور کننده احتمال آسیب به اجزاء داخلی آن وجود دارد. دفع گرمای تولید شده در پمپ با استفاده از فن دمنده نصب شده بر روی دیواره محصورکننده در عملکرد بهینه پمپ آب نقش بسزایی دارد و مانع از سوختن سیم پیچ های الکتروموتور پمپ و تولید اصطکاک در بخش های مختلف آن می شود. به‌علت اینکه دمش هوا به داخل محفظه می‌تواند با تلاطم بیشتر و خنک‌سازی بهتر همراه باشد فن مورداستفاده عمل دمش به داخل محفظه را انجام می‌داد. اندازه‌گیری دمای داخل محصورکننده بعد از نصب فن نشان داد که اختلاف چندانی بین دمای پیش‌بینی شده (۴۰ درجه سانتی‌گراد) و دمای اندازه‌گیری شده (۳۸ درجه) وجود ندارد.

در مطالعه منظم و همکاران به‌منظور کنترل صدای ناشی از دستگاه خشک‌کن هوای بخش فشرده‌سازی یک صنعت پتروشیمی از روش محصورسازی آکوستیکی استفاده شد. میانگین تراز فشار صوت اندازه گیری شده در اطراف دستگاه خشک‌کن ۹۸ دسی‌بل بود. فایبرگلاس تقویت‌شده با وینیل به‌عنوان ماده

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 17:48 IRST on Tuesday February 11th 2020

اصلی برای محصورسازی استفاده شد. محاسبات نشان داد استفاده از این ماده می‌تواند باعث کاهش صدا به میزان ۱۹/۴ دسی‌بل شود. به‌منظور ایجاد گردش هوا و جلوگیری از افزایش دمای داخل محفظه دریچه‌های ورودی و خروجی هوا در این محصورکننده در نظر گرفته‌شد. یک فن مکنده هوا در بخش دریچه‌های خروجی هوا نصب‌شده بود [۱۸، ۱۹]. در مطالعه حاضر از یک فن دمنده در بخش دریچه ورودی هوا استفاده شد. استفاده از فن دمنده هوا به داخل محصورکننده با ایجاد جریان تلاطمی بیشتر عملیات خنک‌سازی و انتقال حرارت را بهتر انجام می‌دهد. از طرفی هنگامی که فن در قسمت دریچه ورود هوا به‌عنوان یک دمنده نصب می‌شود عمر فن دمنده نیز بیشتر می‌شود [۱۸، ۱۹].

استفاده از پرده های آکوستیک یکی از روش های مناسب برای محصور سازی آکوستیکی وکاهش سروصدای پمپ های آب به حدود مجاز می‌باشد که می تواند باعث افزایش آسایش ساکنین مستقر در ساختمان های مسکونی شود.

تقدیر و تشکر

این مقاله از طرح تحقیقاتی دانشجویی به شماره ۱۴۰۰۲۴۴۷ و کد اخلاق IR.QUMS.REC 1396.133. درکمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی قزوین استخراج شده است.

منابع

1. Abbasi M, Monazzam Esmaielpour MR, Akbarzadeh A, Zakerian SA, Ebrahimi MH. Investigation of the effects of wind turbine noise annoyance on the sleep disturbance among workers of manjil wind farm. J Health Safe Wor. 2015;5(3):51-62

2.Yousefzadeh A, Nassiri P, Rahimi Foroushani A. The Relationship Between Air Traffic Noise And Its Induced Annoyance In The Southwest Area In Tehran, Iran. JHSW. 2016;6(3):15-28.[Persian]

3. Golmohamadi R, Aliabadi M, Darvishi E. Enclosure Design For Noise Control Of Air Blower In A Typical Steel Industry. Iran Occup Health J. 2014;11(2).[Persian]

4. Barron RF. Industrial Noise Control And Acoustic. New York:Marcel Deker; 2003.

5.Sekhavati E, Mohammadi Zadeh M, Mohammad Fam E, Faghihi Zarandi A. Prioritizing methods of control and reduce noise pollution in larestan cement factory using analytical hierarchy process (Ahp). TB. 2014; 13(2):156-167.[Persian]

6. Sound Curtains. Available From: http:// www.enoisecontrol.com/products/sound-urtains/

7. Bies David A, Hansen Colin H. Engineering Noise Control: Theory And Practice. 4th Ed. New York: Spon Press; 2009

8.Environmental Porotection Department. Good Practice On Pumping System Noise Control. Hong Kong; 1999.

9.Golmohammadi R, Monazzam Mr, Nourollahi M, Nezafat A. Noise Characteristics Of Pumps At Tehran's Oil Refinery And Control Module Design. Pakistan J Sci Indust Res. 2009;52(3):167-72.

10.Golmohammadi R, Monazzam Mr, Nourollah M, Nezafat A, Momen Bellah Fard S. Evaluation of noise propagation characteristics of compressors in Tehran oil refinery center and presenting control methods. J Res Health Sci. 2010;10(1):22-30.

11. Thalheimer E. Construction noise control program and mitigation strategy at the central artery/tunnel project. Noise Control Engineer J. 2000 Sep 1;48(5):157-65.

12. Ismail YA, Shadid NAM, Nizam AMN. Development of green curtain noise barrier using natural waste fibres. Jo Advanc Res Mater Sci. 2016;17(1):1-9.

13.Grashof M, Kauth R, Smolen H. Acoustic planning of open air petrochemical plants. Chemie Ingenieur Technik. 1978;50(5):362-71

14.Flexible Pvc Enclosure Of Automatic Punch Presses.Available From: Http:// www.Hse.Gov.Uk/Noise/Casestudies/Soundsolutions/Punchpresses.Htm.

15. Karimi E, Nassiri P, Monnazam Mr. Noise Pollution assesment in 14 distinction of tehran. human and environment. 2011;23.[Persian]

16. International Organization Standard. ISO 9612, Determination Of Occupational Noise Exposure Engineering Method. 2009.

17. Bell Lh. Industrial Noise Control.New York: Marcel Dekker; 1982.

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 17:48 IRST on Tuesday February 11th 2020

18. Monazzam Esmaielpour Mr, Farhang Dehghan S, Nasiri P, Jahangiri M. Determination of the dominat sound source in air production of a petrochemical industry and assessing the effectivess of its enclosing. Occup Med Quart J. 2015;7(2):44-56.[Persian]

19. Monazzam Esmaielpour M, Nasiri P, Hgighi Kafash Z, Farhang Dehghan S. Asessment the effect of enclousre main source of air generator unit a petrochemical industry. The First Conference Management, Air Pollution, Noise; Tehran: Sharif University Of Technology; 2013. [Persian]

Water pump noise control using designed acoustic curtains in a residential building of Qazvin city

Ali Safary Variany[1], Saeid Ahmadi*[2], Sajad Zare[3], Vida Zaroushani[4], Masoumeh Ghorbanideh[5]

Received: 2017/03/03 Revised: 2018/01/17 Accepted: 2018/02/18

Downloaded from ioh.iums.ac.ir at 17:48 IRST on Tuesday February 11th 2020

Abstract

Background and aims: Using water pump in residential buildings to provide the required water pressure is accompanied by noise pollution and the annoyance of residents. So, the purpose of this study is to reduce water pump noise pollution with designed acoustic curtains in a residential building of Qazvin city.

Methods: The mean sound pressure level was measured before and after control intervention around the sound source based on ISO 9612, using the sound level meter (Casella-Cell.450). The sound level meter was calibrated using a calibrator (Cell-110/2). The frequency analysis was done in 1.1 octave band and the weighting frequency of A. Acoustical features of acoustic curtains (thickness, material and dimensions)were determined on the base of required sound transmission loss in predominant frequency. The volumetric flow of air required to decrease the temperature inside the enclosure up to 40°C to maintain a reasonable air temperature for pump performance was calculated using the energy-mass conservation law. Temperature inside the enclosure was measured with a mercuric thermometer.

Results: The mean sound pressure level before and after control around the pump was measured 67 dBA and 46 dBA respectively. The required insertion loss in predominant frequency(2000 Hz) to accommodate noise limit in residential buildings was considered to be 26 dB and based on which acoustic curtain surface density was calculated between. The average sound pressure level measured after control (46dBA) with predicted sound pressure level by mathematical calculation after control (47dBA) was not significantly different. The volumetric flow rate required to maintain a temperature of 40°C inside the enclosure was calculated to be 1.2 cubic meters per minute. The temperature was measured inside the enclosure of 38°C.

Conclusion: Control of noise pollution using acoustic curtains with a lower cost and weight, higher installation speed and higher sealing can be considered as one of the proper methods for enclosing noise resources.

Keywords: Noise pollution, Water pump, Acoustic curtains, Noise control.

1. Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Occupational Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran.

2. (**Corresponding author**) Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran. saeidahmad@gmail.com

3. Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran.

5. MScs Student of Occupational Health Engineering, Faculty of Occupational Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran.