مدل سازی انتشار صدا در میدان محدود با استفاده از مدل سابین و اعتبار سنجی آن در توربین هال یک نیروگاه گازی

هانیه اخلاص[1*]- پروین نصیری[2] - محمدرضا منظم[3] - نبی الله منصوری[4]

hanieh.ekhlas@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۲۹

چکیده

مقدمه: صدا یکی از عوامل زیان آور محیط کار در صنایع می باشد. صنعت برق و نیروگاه‌ها از جمله صنایعی می‌باشند که باید در آن مساله آلودگی صوتی مورد توجه قرار گیرد. این تحقیق با هدف ارایه و اعتبار سنجی مدل ریاضی انتشار موج صوتی در محیط بسته جهت مدیریت کاهش ریسک صدا انجام گرفته است.

روش کار: این تحقیق از نوع تئوری – تجربی بوده که در سال ۱۳۹۰در یک نیروگاه گازی با ظرفیت اسمی ۶۴۸ مگاوات شامل ۴ واحد توربین گاز با ظرفیت نامی ۱۶۲ مگاوات انجام گرفته است.جهت ارایه مدل ریاضی از روابط میدان محدود و ارتباط بین تراز توان و تراز فشار صوتی در محیط های بسته استفاده شده و اعتبار سنجی نتایج به‌دست آمده از این روش به‌صورت میدانی با استفاده از روش استاندارد ISO9612 در داخل توربین هال انجام شد.

یافته ها: مقایسه نتایج تئوری و میدانی اختلاف معنی داری را نشان نداد. میزان اختلاف برآورد در حد متوسط کمتراز ۰/۵ دسی بل بود که این خود نشان از صحت و دقت قابل قبول مدل ارایه شده جهت برآورد صدای کارگاه با توجه به شرایط واقعی کارکرد منابع می‌باشد.

نتیجه گیری: این مدل بسیار راحت و کاربردی بوده و به مدیران امکان می‌دهد که در محیط بسته سناریو های کاهش آلودگی صوتی را قبل از هرگونه هزینه هنگفت مدل‌سازی نموده و نتایج را با یکدیگر مقایسه نمایند. این روش نسبت به روش‌های مدل‌سازی عددی، بسیار سریعتر می‌باشد و دقت آن نیز در حد قابل قبول است.

کلمات کلیدی: *نیروگاه، صدا، صنعت برق، اعتبار سنجی*

۱- کارشناس ارشد مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
۲- استاد گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۳- دانشیار گروه بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران
۴- دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، آلودگی هوا، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

مقدمه

صدا به عنوان شایع ترین عامل فیزیکی زیان آور در مواجهه با شاغلین در محیط های کاری در سطح دنیا محسوب می شود. (Haines *et al.,* 2001). مواجهه انسان با صدا می تواند منجر به ایجاد عوارض شناخته شده‌ای از جمله افت موقت و دایم شنوایی، اثرات نامطلوب فیزیولوژیکی و روحی روانی گردد (WHO,2001). همچنین صدا دارای اثرهای غیرمستقیم بر روی عملکرد انسان از جمله کاهش راندمان و بهره وری کاری و افزایش ریسک بروز حوادث و خطا به علت کاهش تمرکز می باشد. (Testuro *et al.,* 2004). مشکل آلودگی صوتی خاص کشورهای در حال توسعه نیست، بلکه یکی از معضلات اصلی در کشورهای توسعه یافته و از جمله اروپایی است. در این کشورها این صنایع باید با هزینه های زیاد ناشی از مواجهه با ترازهای صدایی که به‌طور فزاینده‌ای بالاست، مقابله کنند. این هزینه ها شامل غرامت کارگرانی است که دچار افت شنوایی شده‌اند. به‌کارگیری برنامه‌های اندازه گیری و کاهش صدا، محافظت شنوایی و پایش سلامت کارگران و هزینه های مربوط به کیفیت پایین تولید و غیبت از کاربه سبب آزار و اثرات استرسی صدا می‌باشد. (ISO 9612, Acoustics, 1997) علاوه بر موارد گفته شده، صدا می تواند بر محیط زیست، ساکنین و گونه های مختلف حیوانات اطراف صنعت نیز آثار ناخوشایندی داشته باشد.نیاز روز افزون جهان و به خصوص کشورهای در حال توسعه به انرژی برق، توسعه نیروگاه ها را طلب می کند که این امر در کشور ما طی سال های اخیر بسیار پرشتاب بوده است. آلودگی زیست محیطی نیز محصول فرعی و ناخواسته ی فعالیت های صنعتی مختلف است که باعث شده محیط زیست هرچه بیشتر در معرض تهدید قرار گیرد (شانه، ۱۳۷۸).

در سال ۱۳۷۹ تحقیقی صورت گرفته که نشان داد صدا در نیروگاه حرارتی بیستون از نوع زیر بوده و بیشتر انرژی صوتی آن در فرکانس های ۵۰۰ هرتز (Hz) به بالا می باشد . مشخص گردید که در اکثر واحدهای نیروگاه (۷۳%) میزان صدا بالاتر از ۸۵ دسی بل آ بوده که با اطمینان ۹۵% بالاتر از حد مجاز می باشد. همچنین مشخص گردید که میزان صدا در زمان هایی در طول شیفت کاری به حدی می رسد که کارگر مجاز به مواجهه بیشتر از ۱۵ دقیقه نمی باشد. میزان صدا در قسمت های محوطه اطراف سایت اصلی در تابستان حدود ۸۰ دسی بل و در زمستان ۷۹ دسی بل آ گزارش شده است. (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۹)

همچنین در پژوهشی که در سال ۱۳۷۹ در نیروگاه‌های شهید رجایی قزوین و نیروگاه برق بعثت تهران صورت گرفت، میانگین تراز صدای معادل در طبقات اول ، دوم و سوم نیروگاه بعثت به ترتیب ۹۷/۴، ۹۳/۹ ، ۸۳/۷ دسی بل آ و درطبقات اول، دوم و سوم نیروگاه شهید رجایی به ترتیب ۹۴/۹، ۹۳/۳، ۸۸/۷ دسی بل آ بوده است. همچنین میانگین تراز صدای معادل در قسمت اداری نیروگاه‌های بعثت و شهید رجایی به ترتیب ۶۷/۸ و ۶۵/۱ دسی بل آ گزارش شده است. تراز تداخل با مکالمه در قسمت های اداری نیروگاه های بعثت و شهید رجایی به ترتیب ۶۹/۷ ، ۶۸/۶ دسی بل آ بوده است. نتایج دزیمتری فردی ۶ نفر از نیروگاه بعثت و ۶ نفر از نیروگاه شهید رجایی نشان داد که این ۱۲ نفر در معرض صدایی بیش از حد مجاز ایران بوده‌اند که تراز صدای معادل ۸ ساعت نفرات دزیمتری شده در نیروگاه بعثت از ۹۲ تا ۹۵/۱ دسی بل آ و در نیروگاه شهید رجایی از ۹۲/۳ تا ۹۳/۵

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

دسی بل آ متغیر بوده است. با توجه به تولید ۱۶۵ مگاوات الکتریسیته در نیروگاه بعثت در مقایسه با ۱۰۰۰ مگاوات الکتریسیته تولیدی در نیروگاه شهید رجایی مشخص گردید که جدید بودن تکنولوژی ساخت نیروگاه شهید رجایی در کاهش صدای تولیدی بسیار مؤثر است. (زارع، ۱۳۷۹)

در سال۱۳۸۲ بررسی در موردآلودگی صوتی در نیروگاه حرارتی مجتمع مس سرچشمه صورت گرفت. در این پژوهش به منظور شناخت و تشخیص میزان آلودگی صوتی بیش از ۲۰۰ نقطه در طبقات مختلف نیروگاه و محوطه بیرون آن، ترازهای آلودگی صوتی اندازه گیری شد. سپس با استفاده از نرم افزارهای میان یاب چگونگی توزیع صدا به‌صورت نقشه های سطحی صوتی به‌دست آمد. با بررسی نتایج حاصله و مقایسه با حدود استاندارد که برای هر میزان ساعت کار متفاوت می باشد مشخص گردید که در اکثر نقاط کاری این واحد، آلودگی صوتی بیش از حد استاندارد می‌باشد و حتی در بعضی نقاط برای کار در چند دقیقه نیز صدای موجود بیش از حد مجاز برای این زمان تشخیص داده شده است. همچنین با انجام دزیمتری آلودگی صوتی بر روی افراد شاغل در این واحد نتیجه شد که حداقل میزان دز دریافتی ۱۷۷ درصد (بر مبنای ۱۰۰ درصد برای ۸۵ دسی‌بل در زمان کاری ۸ ساعت) و حداکثر دز دریافتی ۱۰۲۸ درصد می باشد. به عبارتی هیچ یک از پرسنل شاغل در نیروگاه حرارتی در معرض صدای استاندارد و کمتر از آن واقع نبوده اند (حکیمی و همکاران، ۱۳۸۲).

این پژوهش در سال ۱۳۸۹ در مورد ارزیابی آلودگی صدا در نیروگاه ۲۰۰۰ مگاواتی استان مازندران انجام شد و روش اندازه گیری مطابق با ISO 9612 بود که با استفاده از روش شبکه بندی در محیط نیروگاه نکا انجام گردید. یافته ها نشان داد که در نیروگاه مازندران بیشترین میزان تراز فشار صوت در فرکانس های بالا می باشد .بنابراین جهت کاهش صدا یک اتاقک اکوستیکی برای واحد فیدواترپمپ سالن توربین نیروگاه طراحی شد که این اتاقک می تواند به میزان ۷/۳۸ دسی بل از آلودگی صوتی واحد مورد نظر بکاهد. در این طرح دیواره چند لایه‌ای با تیغه اصلی فولاد و همچنین فوم پلی اورتان به عنوان راهکار مناسب ارایه گردید. (مکارمی، ۱۳۸۹)

به منظور حفاظت از تندرستی نیروی کار و ارتقاء سلامت نیروی کار لازم است که عوامل خطرزای محیط کار از جمله صدای بالاتر از حد مجاز شناسایی شود.یکی از برنامه های مدیریت ایمنی، بهداشت، محیط زیست (HSE-MS) مطالعه شرایط نامناسب محیط کار یا به عبارتی بررسی و شناسایی عوامل زیان آور محیط کار است که یکی از عوامل زیان آور فیزیکی محیط کار، صدا می‌باشد.

نتیجه این مطالعات و بررسی ها منجر به وضع قوانین و دستورالعمل ها در زمینه اندازه گیری و کنترل صدا شده است.

با توجه به وضعیت این پارامتر فیزیکی در نیروگاه گازی مذکور و نگرانی در مورد حفظ سلامت پرسنل شاغل در آن و حفظ محیط زیست اطراف، این تحقیق با هدف ارایه یک مدل ریاضی جهت پیش بینی تراز فشار صوت در داخل توربین هال این نیروگاه انجام گردید.

روش کار

این پژوهش مقطعی و از نوع تئوری تجربی است که در سال ۱۳۹۰ در یک نیروگاه گازی که هنوز به بهره برداری کامل نیز نرسیده بود، انجام

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

شد. ابعاد نیروگاه ۱۱۰۰ در ۴۰۰ متر می باشد .عمده منابع با صدای زیاد در قسمت توربین هال به ابعاد ۱۶۰/۷ در ۳۱/۳ متر واقع شده اند که در این قسمت توربین ها و ژنراتوها قرار دارند . در واقع این قسمت قلب نیروگاه را تشکیل می دهد. توربین هال از چهار واحد تشکیل شده است که در هر واحد یک توربین و یک ژنراتور به اضافه تجهیزات جانبی آن وجود دارد .بنابراین توربین هال شامل چهار توربین و چهار ژنراتور می باشد. این واحدها از هم مجزا نیستند، یعنی دیواری بین واحدها وجود ندارد ولی واحدها در فضایی با دیوارها و سقف و کف محصور هستند. در این نیروگاه با میدان محدود مواجه هستیم لذا در این میدان محدود دوازده منبع واقعی صدا شامل چهار توربین ، چهار ژنراتور و چهار اسکید شامل تجهیزات جانبی از جمله پمپ می باشند .اندازه گیری تراز فشارصوت به منظور به حداقل رساندن تداخل صدای سایر منابع در فاصله ۰/۵ متری یا میدان پخشایی اطراف منابع با دستگاه اندازه‌گیری صدا مدل B&K مدل ۲۲۳۶ در هر چهار واحد مطابق با روش استاندارد ISO 3746:1988 انجام گرفت. (European Standard EN ISO 11200)

فاصله نیم متری جهت اطمینان از عدم تاثیر صدای زمینه در برآورد مستقیم تراز توان صوتی منبع در نظر گرفته شده است. در اطراف هر منبع نقطه های مشخصی در زوایای ۴۵ درجه در فاصله مذکور اندازه گیری شد. این روش اندازه گیری در هر چهار واحد و کلیه منابع به طور مشابه تکرار شدند. به عنوان مثال در اطراف توربین واحد ۱ ، تعداد ۱۳ نقطه و در اطراف ژنراتور واحد ۱ تعداد ۱۰ نقطه برای اندازه گیری انتخاب شدند و در بقیه واحدها هم به طور مشابه این عمل تکرار شد. نتایج اندازه‌گیری اطراف هر منبع به صورت لگاریتمی میانگین گرفته شده و به عنوان تراز فشار صوت در فاصله ۰/۵ متری ثبت گردید و در این ایستگاه های تعیین شده، آنالیز صدا توسط آنالیزور دستگاه صداسنج در فرکانس اکتاوباند انجام گرفت.

روش ارایه مدل برآورد صدا

جهت برآورد صدا در محیط محدود از یک برنامه اکسل استفاده گردید. این مدل توانایی تعریف هر نوع سایز و ابعاد را خواهد داشت که برای این مدل تعداد ۱۳۷ نقطه گیرنده به فواصل ۶ متر در داخل سالن مشخص گردید. لازم به‌ذکر است درتصمیم گیری برای تعداد گیرنده در این مدل محدودیتی وجود ندارد، گرچه افزایش تعداد نمونه باعث افزایش حافظه مصرفی کامپیوتر شده و زمان اجرای برنامه را کمی طولانی تر خواهد کرد. قائدتا جهت محیط های با تغییرات بیشتر همچون با میزان جذب نسبتا بالا تعداد گیرنده بیشتری نیز توصیه می شود.

در این تحقیق سالن مورد بررسی با ابعاد و مشخصات واقعی در برنامه اکسل مدل‌سازی گردید.

بر اساس روابط اساسی موجود در آکوستیک همواره در یک میدان محدود جهت برآورد صدای وارده از منابع مختلف در نقاط گیرنده فوق الذکرنیاز به تعیین متغیرهای زیر می باشد:

الف: فاصله بین منبع و گیرنده (r)

ب: توان صوتی و نحوه نصب منابع (Lw, Q)

ج: ثابت اتاق (R)

بدین لحاظ جهت مدل‌سازی فاصله (r) به شکل زیر از یک رابطه مثلثاتی استفاده گردید:

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

برای هر منبع یک مختصات x و y در نظر گرفته که نشان دهنده طول و عرض آن منبع از یک نقطه مرجع واقع در یک ضلع از محوطه مورد بررسی خواهد بود و همچنین هر گیرنده نیز دارای مختصات x و y بوده که نشان دهنده طول و عرض آن گیرنده از همان نقطه مرجع می باشد. با استفاده از روابط مثلثاتی طول وتر در هر نقطه از محیط که همان فاصله هر منبع تا هر گیرنده است قابل تعیین است.

(رابطه ۱)

$$r = \sqrt{(x_s - x_r)^2 + (y_s - y_r)^2}$$

معمولا میزان تراز توان از طریق اندازه گیری تراز فشار در شرایط میدان آزاد و باز آوایی قابل انجام است. (Barron *et al.*, 2003) اگر چه دقیق ترین روش تعیین این کمیت اندازه گیری مستقیم آن با استفاده از استانداردهای مرتبط می باشد. البته با استناد به روش استاندارد ISO3746 به‌طور تخمینی نیز می توان با استفاده از نتایج تراز فشار صوت و شرایط محیطی تراز توان صوت منابع موجود در صنعت را تعیین کرد. (ISO 3746, 2010)

میزان ضریب جهت با توجه به شکل انتشار صوت منابع مختلف و همچنین نحوه قرار گیری تعیین می گردد. نحوه تعیین ضریب جهت در منابع معتبر علمی صدا و آکوستیک قابل دسترس می باشد. (Barron *et al.*, 2003) البته برای راهنمایی کلی کاربران این مدل می توان ضریب جهت ۱ رابرای محیط های با ضریب جذب پایین (محیط های باز آوا) توصیه نمود. به‌عبارتی در چنین محیط هایی می توان با تقریب نسبتا بالایی منابع را بدون جهت در نظر گرفت. ولی به‌هر شکل این مدل قادر به لحاظ نمودن هر میزان ضریب جهت در هر زاویه خاص می باشد.

و نهایتا بر اساس مدل سابین مقادیر تراز فشار صوت در هر فاصله ای از منبع توسط رابطه مشهور زیر تعیین می گردد.

(رابطه ۲)، (گل‌محمدی، ۱۳۸۶)

$$Lp = Lw + 10\log_{10}\left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R}\right)$$

Lp: تراز فشار صوت (دسی بل)

Lw: تراز توان منبع صوتی (دسی بل)

Q: ضریب جهت

r: فاصله از منبع صوتی (متر)

R: ثابت اتاق(متر مربع)

و نهایتاً جهت تعیین ثابت اتاق از رابطه سابین استفاده گردیدکه در آن:

(رابطه ۳)، (گل‌محمدی، ۱۳۸۶)

$$\overline{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i}$$

$\overline{\alpha}$: ضریب جذب متوسط

S_i: مساحت هر سطح جاذب (مترمربع)

α_i:ضریب جذب هر سطح جاذب

(رابطه ۴)

$$R = \frac{S\overline{\alpha}}{1-\overline{\alpha}}$$

R: ثابت اتاق(متر مربع)

$S\overline{\alpha}$: سطح مؤثر جاذب

جهت تعیین سطح از مشخصات ساختاری و ابعاد اتاق و جهت تعیین ضریب جذب در فرکانس های مختلف می توان از منابع معتبر علمی استفاده نمود (Bell *et al.*, 1994).

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

با در اختیار داشتن عوامل فوق الذکر و رابطه ۲ به راحتی میزان تراز فشار صوت در هر فرکانس و در هر فاصله ای از یک منبع مشخص در داخل محیط مورد نظر قابل برآورد است. البته در این خصوص در مدل برآورد انتشار صدا لازم است محدوده عملکرد منابع با توجه به سطحی بودن یا نقطه ای بودن تعیین گردد. برای این منظور از ابعاد منبع و قاعده معروف منابع سطحی و خطی در مدل استفاده گردید. به این معنی که در نزدیکی منابع تا زمانی که منبع به‌شکل سطحی عمل می کند کاهش تراز فشار صوت وجود نخواهد داشت و در فواصل دور تر از رابطه ۲ استفاده گردید.

نحوه تاثیر تعداد منبع

در صنعت تعداد منابع بیشتر از یک منبع بوده و مدل ارایه شده باید قادر به انجام محاسبات ترکیبی باشد. در این خصوص در مدل ارایه شده در این تحقیق در مرحله اول کلیه محاسبات برای یک منبع انجام شده و به ترتیب محاسبات برای منابع بعدی (منبع شماره ۲ ، ۳ و الی آخر) عینا تکرار می گردد.

برای هر مرحله محاسبات میزان تراز فشار صوت دریافتی به گیرنده معین توسط منبع معین محاسبه و ثبت گردیده و آن‌گاه اثر ترکیبی تراز های صوتی با استفاده ازجمع لگاریتمی لحاظ می گردد.

نحوه تبدیل به دسی بل A

تا کنون مدل محاسباتی، میزان تراز فشار صوت منتشره از منابع به‌صورت ترکیبی به کلیه نقاط پیش بینی شده داخل سالن را در تک تک فرکانس های اکتاو باند محاسبه نموده است. به‌عبارتی کلیه محاسبات برای هر فرکانس عینا تکرار می شود. جهت بررسی ساده تر نتایج به‌دست آمده، بهتر است یافته های مدل به یک عدد تکی قابل مقایسه با استانداردهای بین المللی یعنی دسی بل A تبدیل شود. خروجی های مدل در هر فرکانس توسط جداول تصحیح به شبکه A تبدیل شده و نهایتا داده های فرکانس های مختلف باند اکتاو با یکدیگر ترکیب و تراز کلی صدای وارده به هر نقطه در محیط کار در شبکه A حاصل می گردد.

نحوه تاثیر مدت زمان روشن بودن هر منبع

یکی از نکات عمده در ارزیابی های شغلی مواجهه با صدا، میزان مواجهه صوتی است که معمولا به دو شکل تغییر می کند:

الف: مواجهه شغلی با تغییر مکان و فاصله از منابع تغییر می کند. در این صورت میزان مواجهه به راحتی با استفاده از داده های به‌دست آمده تا این بخش که دسی بل های A را در نقاط زیادی از سالن ارایه می کند، قابل تخمین است.

ب: مواجهه شغلی با خاموش و روشن شدن منابع تغییر می‌کند. در این شرایط لازم است برنامه قابلیت ورودی این متغیر را داشته باشد. به این منظور در مدل طراحی شده از روابط مشهور تراز معادل صوتی استفاده گردید. میزان زمان روشن بودن هر منبع به‌عنوان یک متغیر وارد شده و در زمان ترکیب تراز منابع مختلف، تاثیر میزان زمان روشن بودن لحاظ گردید. به‌عبارت ساده تر میزان تراز نهایی خروجی مدل، تراز معادل صدا در نقاط مختلف سالن بر حسب دسی بل A خواهد بود.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

اعتبار سنجی مدل

ورودی مدل: ابعاد دقیق منابع که همان توربین ها و ژنراتورها می باشند، با استفاده از نقشه ها و کروکی ها ، طول و عرض و ارتفاع آنها و نیز ابعاد سالن توربین هال به‌دست آمد: طول توربین هال ۱۶۰/۷متر، عرض توربین هال ۳۱/۳ متر

تعداد توربین ها و ژنراتورها ۴ عدد توربین و ۴ عدد ژنراتور، طول توربین۱۰/۵ متر، عرض توربین۶/۲ متر، ارتفاع توربین ۳/۹۰ متر، طول ژنراتور۷/۵۲ متر، عرض ژنراتور۲/۶۰ متر و ارتفاع ژنراتور ۳ متر.

سپس ضرایب جذب همه‌ی سطوح با استفاده از منابع معتبر علمی مشخص گردید. جنس سطح بیرونی توربین‌ها از پشم سنگ (به مساحت ۲/ ۶۸۷ مترمربع)، جنس سطح بیرونی ژنراتورها فلزی (به مساحت ۲۸۹/۸ مترمربع)، ارتفاع کف تا سقف توربین هال ۱۸/۲۰ متر و ۹/۷۸ متر (به علت اینکه سقف ساختمان در دو ارتفاع مختلف نسبت به کف ساخته شده)، جنس سقف توربین هال فلزی (با ضخامت ۵ سانتی متر، به مساحت۳۶۱۲/۵ متر مربع)، جنس کف توربین هال بتون (به مساحت۳۶۱۲/۵ متر مربع)، جنس دیوارها ی توربین هال آجری از کف تا ارتفاع ۲/۵ متر (با ضخامت ۳۵ سانتی متر و به مساحت ۶/ ۱۰۶۲ متر مربع) و از این فاصله تا سقف از فلز (با ضخامت ۵ سانتی متر به مساحت ۳۷۹۴/۳۶ متر مربع) و جنس ۲۷ در موجود در توربین هال فلزی (با ضخامت ۱ میلی متر به مساحت ۳۸۸/۵ متر مربع) بود.

توان صوتی منابع: جهت تعیین توان صوتی از روش استاندارد ISO 3746 استفاده گردید. بر اساس این روش تعداد ۹ نقطه در اطراف منبع در فاصله ۱ متری از منابع (به‌دلیل بزرگ بودن بعد منابع) تعیین و تراز فشار صوت در این نقاط تعیین شد. (Barron, 2003) و آن‌گاه با استفاده از روابط زیر میزان تراز توان صوت منابع برآورد گردید.

(رابطه ۵)

$$Lw = Lp, av + 10\log({}^{S_m}/_{S_{ref}}) - K_r - 0.1$$

(رابطه ۶)

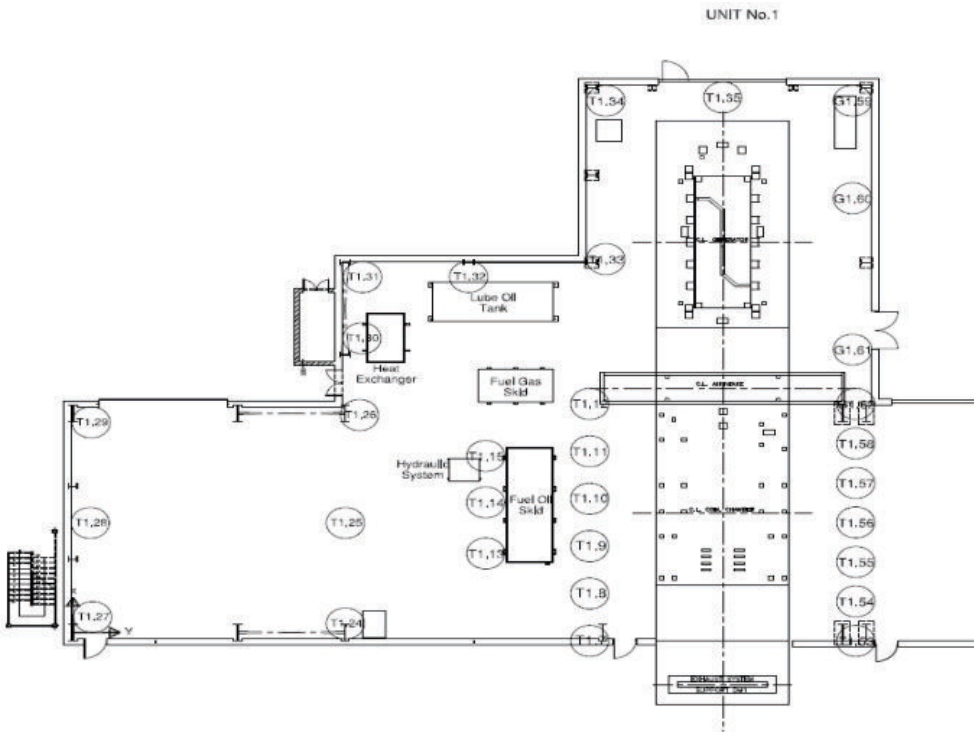
$$K_r = 10\log\left[1 + \frac{4(1-\bar{\alpha})S_m}{\bar{\alpha}S_0}\right]$$

که در آن S_m و S_o سطوح اندازه‌گیری و محیط بر حسب متر مربع می باشند.

ضریب جهت: برای تعیین جهت دار منابع، اندازه‌گیری تراز صدا در اطراف منابع انجام و منحنی پاسخ زاویه‌ای منابع رسم و مشخص گردید که منابع مورد بررسی در این تحقیق را با برآورد نسبتا بالایی می‌توان بدون جهت در نظر گرفت. به این دلیل و همچنین تعداد بالای منابع موجود در محیط کارگاه ضریب جهت برابر یک در نظر گرفته شد.

خروجی مدل: به‌منظور اعتبار سنجی خروجی مدل ، اندازه گیری محیطی در میدان محدود با فاصله های مختلف از توربین ها و ژنراتورها در هر چهار واحد انجام گرفت. تعداد ۳۱ ایستگاه جهت اندازه گیری صدای محیطی سالن ۱ همان‌گونه که در شکل ۱ ارایه شده، انتخاب گردید. این نقاط به‌طور تصادفی جهت مقایسه با نتایج مدل‌سازی تعیین شدند. همان‌طور که در شکل نیز دیده می شود نمونه ها از پراکندگی مناسبی در اطراف منابع و فضای نزدیک دیواره ها برخوردار هستند.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]



شکل ۱: نمایی از واحد ۱ و موقعیت منابع و ایستگاه های سنجش صدا

یافته ها

مشخصه صوتی منابع صدا

نتایج تراز کلی و آنالیز اکتاو باند صدا در فاصله نیم متری از منابع با روش ذکر شده فوق به‌منظور استفاده در مدل تعیین گردید.

جدول شماره ۱ نتایج مربوط به تراز کلی صدا در فاصله ۰/۵ متری را در شبکه های A و C نشان می دهد.

بر اساس توضیح ارایه شده، این مقادیر به‌عنوان تراز توان صوتی منابع در نظر گرفته شد. البته مشخصه صوتی منابع در باندهای اکتاو جهت دقت بالاتر و دخالت تأثیر فرکانس های مختلف در جذب صوتی دیواره ها در مدل قرار گرفت . نتایج آنالیز صوتی مربوط به توربین‌ها به‌عنوان نمونه در کارگاه های مختلف در شکل ۲ ارایه گردیده است.

برآورد انتشار صدا با سناریوهای مختلف:

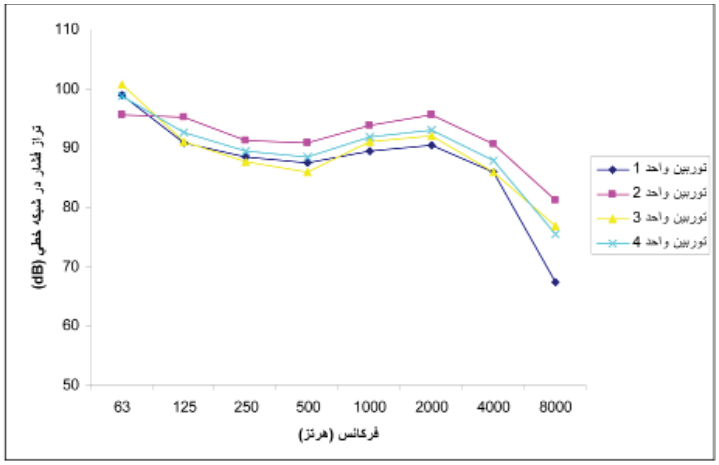
توربین هال این نیروگاه گازی شامل ۴ واحد می باشد که هر واحد از یک توربین و یک ژنراتور و تجهیزات جانبی (اسکید) تشکیل شده است. بین واحدها نیز دیواری وجود ندارد و واحدها به هم مرتبط هستند.برای برآورد صدا با استفاده از این مدل، می‌توان سناریوهای مختلفی ارایه داد که در این مقاله نتایج یک سناریو که در آن وضعیت واقعی اندازه گیری محیطی نیز وجود داشت مشخص می‌شود. در این شرایط تمام منابع به‌جزء منابع واحد ۴ روشن بودند، لذا برآورد انتشار صوت در شرایط فعلی صنعت از نظر جنس سطوح و وجود در و پنجره‌ها به‌صورت شکل ۳ خواهد بود.

با توجه به شکل ۳ بیشترین ترازها در میانه کارگاه یعنی واحد های ۲ و۳ وجود دارند که این

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

جدول ۱: متوسط تراز کلی صدا در میدان نزدیک اطراف منابع

نوع منبع	شبکه توزین	
	A	C
توربین واحد ۱	۹۵/۲	۱۰۱/٤۸
ژنراتور واحد ۱	۹٤/۲	۹۹/۳۳
اسکید واحد ۱	۱۰۳/۵	۱۰۵/۲
توربین واحد ۲	۹۹/۵	۱۰۳/٤
ژنراتور واحد ۲	۱۰۸/۳	۱۰٦/۸۱
اسکید واحد ۲	۱۰۲	۱۰۲/۹
توربین واحد ۳	۹۷/۸	۱۰۲/۹۱
ژنراتور واحد ۳	۱۰۱/٤۷	۱۰۲/۵۷
اسکید واحد ۳	۱۰۲/٤	۱۰۳/۳
توربین واحد ٤	۹۷/٤	۱۰۱/۷
ژنراتور واحد ٤	۹۸/۷	۱۰۱/٤
اسکید واحد ٤	۹۹/٤	۱۰۱/۷



شکل ۲: منحنی آنالیز صدای میدان نزدیک توربین در واحد های مختلف در فرکانس های اکتاو

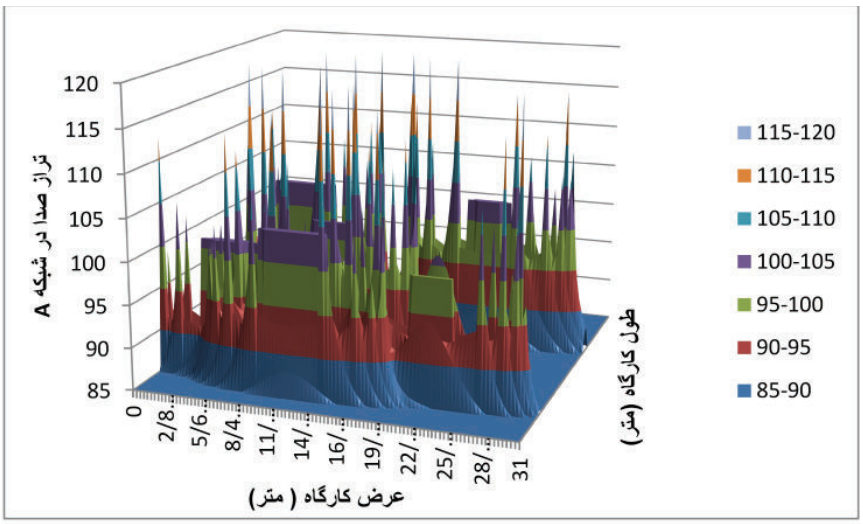
خود به دلیل تاثیر اضافی دو واحد مجاور آنها می‌باشد. در این شرایط متوسط تراز صدا در کل ۴ واحد ۹۱/۸۲ دسی بل A و حداکثر تراز صدا ۱۱۹/۸۵ دسی بل A برآورد می‌گردد.

همان‌طور که قبلا نیز اشاره گردید این مدل قادر خواهد بود که تراز فشار صدا را در هر شرایطی اعم از این که یک منبع صدا روشن باشد و یا چندین منبع همزمان با هم روشن باشند ارایه دهد.

اعتبار سنجی مدل:

به منظور اعتبار سنجی و صحت و دقت مدل ارایه شده، تراز صوت‌های به‌دست آمده از طریق اندازه گیری و تراز صوت های به‌دست آمده از طریق مدل در جدول ۲ ارایه گردیده است. محل نقاط اندازه گیری شده و برآورد شده و موقعیت آنها نسبت به منابع صوتی در شکل ۱ ارایه شده است. همان‌گونه که از جدول شماره ۲ برداشت می‌شود، میزان میانگین اختلاف برآورد در حد

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]



شکل ۳: برآورد انتشار صدا در داخل توربین هال بر حسب dBA در شرایط روشن بودن تمام منابع به‌جزء منبع واحد ۴

متوسط کمتراز ۰/۵ دسی بل است که این خود نشان از صحت و دقت قابل قبول مدل ارایه شده جهت برآورد صدای کارگاه با توجه به شرایط واقعی کارکرد منابع دارد.

بحث و نتیجه گیری

بدون تردید صدا از معضلات اساسی دنیای صنعتی بوده که نیروگاه ها را نیز شامل می شود و خیل عظیمی از افراد چه در محیط کار خود یا در محل زندگی از آزار ناشی از صدا در مخاطره اند. دنیای صنعتی سبب شده است که انسان در محیطی پر استرس با منابع صدا همزیستی توأم با ناراحتی را تحمل نماید.

بنابراین در مدیریت ایمنی، بهداشت، محیط زیست، صدا بخش مهمی را تشکیل داده و سازمان ها و مراجع دانشگاهی، تحقیقات بسیاری در مورد این عامل فیزیکی زیان آور محیط زیست و محیط کار انجام داده اند.

مجمع دولتی بهداشت صنعتی کشور ایالات متحده (ACGIH)، همچنین مرکز مدیریت سلامت محیط و کار وابسته به وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، حد آستانه مجاز TLV در رابطه با صدا را ۸۵ dBA برای یک شیفت ۸ ساعته عنوان کرده اند. لذا تمامی مقادیر اندازه گیری شده تراز فشار صوت همان‌طور که از جدول های ۱ و ۲ مشخص است، از میزان مجاز 85dBA= TWA/TLV بالاتر بودند.

پژوهشی مشابه این تحقیق در نیروگاه و یا مکان‌های صنعتی دیگر صورت نگرفته است. یک نمونه کار ارزیابی، مدل‌سازی و سنجش ترازهای صوتی ناشی از فرودگاه مهرآباد و ارایه راه کارهای کنترلی در سال ۱۳۸۵ صورت گرفته است

از مدل‌سازی ترازهای صوتی فرودگاه می توان به‌عنوان یک ابزار تصمیم گیری در خصوص تعیین کاربری مناسب نقاط مورد اندازه گیری استفاده نمود. بر اساس مدل‌سازی ترازهای صوتی ناشی

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

جدول ۲: نتایج اندازه گیری محیطی و نتایج حاصل از مدل در واحد ۱

ردیف	موقعیت ایستگاه	نتایج اندازه گیری / شبکهA (dB)	نتایج مدل / شبکهA (dB)	اختلاف
۱	T۱,۷	۹۱/۸	۹۳/۱	-۱/۳
۲	T۱,۸	۹۰/۹	۹۰/۲	۰/۷
۳	T۱,۹	۹۲/۲	۹۳/۱	-۰/۹
٤	T۱,۱۰	۹۲/۸	۹٤/۱	-۱/۳
٥	T۱,۱۱	۹۲/۳	۹٤/٥	-۲/۲
٦	T۱,۱۲	۹۱/۷	۹۳/۸	-۲/۱
۷	T۱,٥۳	۹٥	۹٤/۳	۰/۷
۸	T۱,٥٤	۱۰۰	۱۰۳/۱	-۳/۱
۹	T۱,٥٥	۹٦/٦	۹٤/٥	۲/۱
۱۰	T۱,٥٦	۹٦/۷	۹٥/۱	۱/٦
۱۱	T۱,٥۷	۹۷/۳	۹٦/۲	۱/۱
۱۲	T۱,٥۸	۹٦/٤	۹٤/٥	۱/۹
۱۳	T۱,۱۳	۹۲/٥	۹۰/۳	۲/۲
۱٤	T۱,۱٤	۹٥/۳	۹۳/۱	۲/۲
۱٥	T۱,۱٥	۹۲/٤	۹۰/۲	۲/۲
۱٦	T۱,۲٤	۹۰	۹۰/۳	-۰/۳
۱۷	T۱,۲٥	۹۳/۹	۹۱/٥	۲/٤
۱۸	T۱,۲٦	۹۲/۱	۹۰/۳	۱/۸
۱۹	T۱,۲۷	۹۰/۷	۹٤	-۳/۳
۲۰	T۱,۲۸	۹۱	۹۰	۱
۲۱	T۱,۲۹	۹۲/٦	۹۰/٦	۲
۲۲	T۱,۳۰	۹۱/۳	۸۹/۸	۱/٥
۲۳	T۱,۳۱	۹۱/۷	۹۱/۹	-۰/۲
۲٤	T۱,۳۲	۹٤	۹۳/۱	۰/۹
۲٥	T۱,۳۳	۹٥/٦	۹٤/۲	۱/٤
۲٦	T۱,۳٤	۹۰/٦	۹۰/۷	-۰/۱
۲۷	T۱,۳٥	۹۱	۹۲/۳	-۱/۳
۲۸	G۱,٥۹	۹۱/۸	۹۱/۲	۰/٦
۲۹	G۱,٦۰	۹۲/٥	۹۰/۱	۲/٤
۳۰	G۱,٦۱	۹٦/۷	۹٤/۹	۱/۸
۳۱	G۱,٦۲	۹۷/۷	۹۹/۳	-۱/٦
میانگین		۹۳/٤٥	۹۳/۰٤	۰/٤۱

از پرواز هواپیماها در اطراف فرودگاه مهرآباد، در اکثریت نقاط منطقه ۹ شهرداری و منطقه تهرانسر، ترازهای صوتی بیش از حد استانداردهای مجاز می باشند. (رشیدی و همکاران، ۱۳۸۵)

در این تحقیق یک مدل ریاضی نسبتا دقیق جهت برآورد تراز فشار صوت در نقاط مختلف داخل سالن نیروگاه ارایه گردید. مزیت مهم استفاده از این مدل قابلیت طرح سناریوهای مختلف درجنبه های فرآیندی و همچنین محیطی می باشد. به علت اینکه پارامترهای مختلفی در این مدل مدنظر قرار گرفته و در آن لحاظ شده است، بنابراین با تغییر هر یک از پارامترها ، متوسط تراز صوت در این مدل با توجه به هر یک از تغییرات محاسبه شده و نتیجه نهایی به‌دست

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

خواهد آمد .به طور مثال اگر منابع واحد شماره ۲ که شامل یک توربین و یک ژنراتور می‌باشد از مدار حذف شوند، یعنی در حالت خاموش قرار گیرند، میزان متوسط کلی تراز صدا در سالن به میزان ۱/۵ دسی بل کاهش خواهد یافت.

در یک سناریوی دیگر با استفاده از این مدل می‌توان به‌سادگی برآورد نمود که به‌طور مثال اگر تمام سقف توربین هال با پشم شیشه با ضخامت ۲ اینچ روکش شده و با صفحه مشبک با ۲۰% سطح باز پوشانده شود، متوسط تراز در داخل توربین هال برابر۸۷/۵ دسی بل شده که نشان‌دهنده‌ی کاهش ۴/۳ دسی بلی است. در این شرایط برای میزان ضرایب جذب از مقادیر ارایه شده در پیوست F کتاب Industrial Noise Control استفاده می‌گردد (BellandBell, 1994,AppendixF) همچنین در این صورت با حذف منابع واحد ۲ از مدار، میزان متوسط تراز به ۸۴/۷ دسی بل A یعنی پایین تر از حد مجاز کاهش پیدا می‌کند. البته به دلیل ریزش پشم شیشه از منافذ و معضلات بهداشتی آن، استفاده از این ماده در سقف مجاز نمی باشد و در اینجا فقط به عنوان مثال مطرح شده است تا آشکار گردد که با طرح سناریوهای مختلف می توان متوسط تراز را در داخل توربین هال به‌دست آورد.

با ارایه راه‌کارهای پیشنهاد شده می توان روش‌هایی را که از نظر هزینه مقرون به صرفه هستند، برای کاهش ریسک صدا در نیروگاه پیشنهاد نمود. می‌توان این‌طور بیان نمود که از بین راهکارهای مدیریتی ارایه شده فقط تغییراتی که در نزدیکی منابع صدا ایجاد می شوند، باعث تغییر قابل ملاحظه ای در کاهش متوسط ترازصدا در داخل توربین هال می‌گردند. به عنوان مثال استفاده از جاذب پشم سنگ برای توربین ها و ژنراتورها در کاهش ریسک صدا خیلی مؤثرتر از استفاده از جاذب حتی برای کل درهای موجود در توربین هال می باشد، زیرا درها با منابع صدا فاصله دارند. ولی به‌طور مثال اگر برای سقف که فلزی می باشد از جاذب با ضریب جذب بالا استفاده کنیم، تغییر فاحشی را در کاهش ریسک صدا خواهیم دید.

بنابراین برای کاهش متوسط تراز صدا در داخل توربین هال باید فقط به ایجاد تغییر در نزدیکی منابع توجه نمود. در غیر این صورت ایجاد تغییر در فواصل دور از منابع فقط با هزینه های بیهوده همراه خواهد بود.

در هیچ‌کدام از مطالعات قبلی انجام شده ، پیش بینی و برآورد صدا مورد توجه و بررسی قرار نگرفته است، بلکه در بسیاری از پژوهش‌ها در زمینه صدا ابتدا اندازه گیری هایی صورت می‌گیرد و راه کارهایی ارایه می شود که دقیقاً مشخص نیست که این راهکار چند دسی بل می‌تواند صدا را کاهش دهد. ممکن است با انجام اقدام اصلاحی هزینه زیادی را صرف نموده ولی در نهایت مقدار کاهش صدا ناچیز باشد، در صورتی که با مدل ارایه شده در این پژوهش بدون صرف هزینه می‌توانیم متغیرهای زیادی را مدنظر قرار دهیم و قبل از شروع به انجام کارهای اجرایی و اصلاحی مقدار کاهش دسی بل را به‌دست بیاوریم که این موضوع برای کارفرمایان و مدیران بسیار قابل تأمل و قابل توجه است.

البته همه اقدامات اصلاحی در جهت کاهش ریسک صدا در نیروگاه ها باید در قالب سیستم

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست صورت بگیرد و فقط توجه به انجام امور کم هزینه نباید مدنظر باشد.

منابع

Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using s ound pressure -- Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane

Haines MM, stansfeld SA, (2001) chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. Health J.31 (2), 265-77.

International standard (ISO 9612, Acoustics – Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment), First edition 1997-06-01

ISO 3746:2010

Lewis H. Bell, Douglas H. Bell ‘Industrial Noise Control’: Fundamentals and Applications: SECOND EDITION, REVISED AND EXPANDED, Marcel Dekker, Inc.New York, Basel, USA. 1994

Lewis H.Bell and Associates Trumbull, Connecticut –industrial noise control, Fundamentals and Applications (112-115)

Lewis H.Bell and Associates Trumbull, Connecticutindustrial noise control, Fundamentals and Applications , Appendix F (552-554)

Randall F. Barron ’Industrial Noise Control and Acoustics, Louisiana Tech University’ Ruston, Louisiana, U.S.A., Marcel Dekker, Inc. 2003

Tetsure Saeki, Takeo Fujii, Ssizuman Yama-guchi, Syuji Harima, (2004) . Effect of acoustical noise on annoyance, performance and fatigue during mental memory task, Applied Acoustic.65, 913-921.

The European Standard EN ISO 11200. Acoustics -Noise emitted by machinery and equipment - Guidelines for the use of basic standards for the determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions. BS EN ISO 11200. 1995

WHO, (2001). Occupational and community noise, World Health Organization, Geneva, Fact Sheet. No.258.

حکیمی. حسنعلی، اسمعیل زاده. عصمت، نبی. فرخی، آتش دهقان. رضا، ۱۳۸۲، بررسی آلودگی صوتی در نیروگاه حرارتی مجتمع مس سرچشمه، پنجمین همایش ایمنی، بهداشت و محیط زیست در معادن و صنایع معدنی

زارع. محمود، ۱۳۷۹، ارزیابی آلودگی صوتی در نیروگاه های انتخابی و ارایه روش هایی جهت کنترل آن، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه علوم پزشکی تهران

زبانی. ساناز، رشیدی.یوسف، قوسی. روزبه، مهرآوران. حسین، ۱۳۸۵، ارزیابی مدل‌سازی و سنجش ترازهای صوتی ناشی از فرودگاه مهر آ باد وارایه راهکارهای کنترلی، هفتمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران

شانه.م، ۱۳۸۷، برنامه ریزی و مدیریت کنترل کاهش آلاینده های

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

زیست محیطی در صنعت فولاد جهت دستیابی به بهداشت، ایمنی و محیط زیست مطلوب (مطالعه موردی:شرکت فولاد کاویان)، پایان نامه کارشناسی ارشد،واحد علوم و تحقیقات اهواز.

عزیزی. سیدمحمد، غیاث الدین .منصور, امیدواری. منوچهر, ناصری. سیمین، ۱۳۷۹، بررسی آلودگی صوتی در نیروگاه حرارتی بیستون کرمانشاه - کرمانشاه، باغ ابریشم، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، گروه بهداشت و محیط - زمستان ۱۳۸۰; ۵(۳ (پیاپی ۱۱)):۴۰-۳۳)

گلمحمدی. رستم، کتاب مهندسی صدا و ارتعاش، (اندازه گیری، ارزیابی جنبه های بهداشتی و کنترل در صنعت و محیط زیست)ویرایش سوم ۱۳۸۶ ، صفحه ۱۶۷-۱۶۸

محمد حسین، علیزاده. شمس الدین ، سیستم مدیریت یکپارچه HSE

مرضیه - ۱۳۸۹ - ارزیابی آلودگی صدا در نیروگاه ۲۰۰۰ مگاواتی استان مازندران ، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی محیط زیست، آلودگی هوا دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]

Modeling and verification of acoustic wave propagation in indoors using Sabine model in turbine hall of a gas power plant

H. Ekhlas[1*]; P. Nassiri[2]; M. R. Monazzam[3]; N. Mansouri[4]

[1] MSc of Health, Safety and Environment Management (HSE) ,Faculty of Environment & Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

[2] Professor Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran

[3] Associate Professor Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran

[4] Associate Professor Department of Environmental Engineering. Faculty of Environment & Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

Abstract

Introduction: Noise is one of hazardous agents of workplaces in industries. Electric industries and power plants are among industries in which noise pollution should be taken into account. This study aimed to develop and verify a statistical model for acoustic wave propagation in an indoor environment for noise related risk reduction management.

Material and Method: This theoretical-experimental study was performed in a gas power plant with nominal capacity of 648 MW including four gas turbine with nominal capacity of 162 MW. The relations between sound power level and sound pressure level in indoor environments were used for developing the statistical model. Moreover, verification of the obtained data was done by a field inside a turbine hall study using ISO9612 standard method.

Result: Comparison of results from the field and the theoretical study showed no significant differences. The differences between predicted value and field measurements was, in average, less than 0.5 db. This shows the acceptable accuracy of the presented model in estimating the workplace noise level, according to the real functional conditions of the noise sources.

Conclusion: The presented model is easy and practical and allows managers to model scenarios of noise pollution reduction in indoor environments, before huge expenses of actual control measures. This method is faster comparing to numerical modeling methods. Furthermore, its accuracy is also acceptable.

Keywords: *Power plant, Noise, Validity*

* Corresponding Author Email: *hanieh.ekhlas@gmail.com*

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-08-05]