امکان‌سنجی استفاده از لوله امپدانس با دو میکروفن و اندازه‌گیری ضریب جذب صوتی برخی از مواد جاذب ایرانی به روش تابع انتقال

فرهاد فروهر مجد[1]، زهرا محمدی[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: صدا یکی از مهم‌ترین عوامل تهدید کننده سلامت شاغلان می‌باشد. مواد جاذب روش مؤثری برای کنترل صدا است که لوله امپدانس با دو میکروفن جهت تعیین ضرایب جذب آن‌ها کاربرد دارد و دقت و کارایی آن باید به صورت دوره‌ای تست شود. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف امکان‌سنجی عملکرد لوله امپدانس و تعیین ضریب جذب برخی از مواد انجام شد.

روش‌ها: پس از ساخت لوله امپدانس و اطمینان از کارایی آن بر اساس مقایسه نمودار فوم استاندارد با نمودار اندازه‌گیری شده، ضرایب جذب چهار نمونه شامل پشم شیشه (چگالی ۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب)، پشم معدنی (چگالی ۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب)، چوب پنبه (چگالی ۳۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب) و لاستیک (چگالی ۱۱۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) در دو ضخامت مختلف ارزیابی گردید. همچنین، ضرایب جذب پشم شیشه و پشم معدنی با مقادیر ضرایب جذب ذکر شده مربوط به این دو نمونه در خارج از ایران (به عنوان مرجع)، با ضخامت و چگالی یکسان مقایسه شد. اندازه‌گیری هر نمونه توسط نرم‌افزار VA-Lab4 انجام گردید و در نهایت، نتایج به صورت نمودار نمایش داده شد.

یافته‌ها: نتایج دقت و کارایی نشان داد که لوله امپدانس با ضریب همبستگی ۰/۹۸ قابل استفاده بود. همچنین، نمونه‌های پشم معدنی و پشم شیشه بیشترین ضریب جذب و لاستیک و چوب پنبه کمترین ضریب را داشتند. مقایسه پشم شیشه با مقادیر مرجع نشان داد که در هر دو با افزایش فرکانس، میزان جذب نیز افزایش یافت که البته مقادیر ضرایب جذب این دو نمونه متفاوت بود. علاوه بر این، در نمونه پشم معدنی اندازه‌گیری شده با ضخامت ۵۰ میلی‌متر نسبت به ضخامت کمتر، در همه فرکانس‌ها به جز محدوده ۱۲۵۰ تا ۳۲۰۰ هرتز، جذب بیشتری مشاهده شد؛ در حالی که پشم معدنی مرجع با ضخامت بیشتر در فرکانس‌های ۲۰۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز، ضریب جذب کمتری را نشان داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، می‌توان ضریب جذب همه مواد و مصالح را با بالاترین دقت توسط لوله امپدانس با دو میکروفن تعیین نمود تا به نتایج مطلوبی از روش‌های کنترلی آلودگی صوتی با استفاده از جاذب‌های صوتی در محیط و صنعت دست یافت.

واژه‌های کلیدی: لوله امپدانس، ضریب جذب صوت، تابع انتقال

ارجاع: فروهر مجد فرهاد، محمدی زهرا. **امکان‌سنجی استفاده از لوله امپدانس با دو میکروفن و اندازه‌گیری ضریب جذب صوتی برخی از مواد جاذب ایرانی به روش تابع انتقال.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۱): ۱۲۴-۱۱۹

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۶/۱

مقدمه

آلودگی صوتی یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی است که در ایجاد مشکلات مربوط به محیط و سلامتی بشر در شهرهای بزرگ و صنایع، نقش مهمی را ایفا می‌کند. آلودگی صوتی حاصل انواع مختلفی از منابع است که قسمتی از این آلودگی نتیجه فعالیت‌های صنعتی یا فعالیت‌های روزانه افراد می‌باشد (۱). صدا یکی از مهم‌ترین عوامل زیان‌آور محیط کار و فراگیرترین عامل فیزیکی تهدید کننده سلامت شاغلان به شمار می‌رود. امروزه با وجود پیشرفت‌های صنعتی، مواجهه با صدای بیش از حد مجاز کماکان یکی از معضلات بهداشتی کارگران در دنیا محسوب می‌شود (۲). تماس با سطح بالای صدا، منجر به افت شنوایی و دیگر تأثیرات منفی بر روی سلامتی افراد می‌گردد که دلیل اصلی این مشکلات، فقدان راه کنترلی مناسب در جهت کاهش صدا می‌باشد (۳).

امروزه محققان با استفاده از روش‌های پیشرفته و مؤثر، سعی در کاهش و کنترل آلودگی صوتی دارند. یکی از موثرترین و کاربردی‌ترین روش‌ها در بررسی روش‌های کنترل، استفاده از مواد جاذب صدا به عنوان پوشش بر روی سطوح می‌باشد (۴).

مواد جاذب نقش مهمی را در مهندسی آکوستیک مانند کنترل صدای اتاق، کنترل صدای صنعتی، کنترل صدای استودیو و اتومبیل ایفا می‌کنند. این مواد به منظور مقابله با اثرات نامطلوب انعکاس صدا به وسیله سطوح سخت و سفت داخلی استفاده می‌گردند و در نتیجه، منجر به کاهش میزان انعکاس صدا می‌شوند (۵). مواد جاذب صوت به دلیل خاصیت ساختاری خود، قدرت حذف و کاهش صدا و در اصطلاح قدرت جذب صدا را دارند. اصلی‌ترین مشخصه آن‌ها

۱- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: زهرا محمدی Email: z_mohammadi@hlth.mui.ac.ir

www.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-11]

یعنی قدرت جذب، بر اساس ضریب جذب مشخص می‌گردد. به منظور اندازه‌گیری ضریب جذب صوتی مواد، دو روش مورد استفاده قرار می‌گیرد که یکی از آن‌ها استفاده از لوله امپدانس و دیگری اتاق بازآوا می‌باشد. لوله امپدانس وسیله ساده‌ای برای اندازه‌گیری ضریب جذب مواد است که در یک انتهای آن موج سینوسی صدا القا می‌شود و در انتهای دیگر، نمونه مورد آزمایش قرار می‌گیرد تا میزان جذب آن اندازه‌گیری گردد (۴). اندازه‌گیری ضریب جذب توسط لوله آکوستیکی یا با استفاده از یک میکروفن و نسبت موج ایستاده محاسبه می‌شود و یا بر اساس روش تابع انتقال و توسط دو میکروفن انجام می‌گیرد (۶) که در پژوهش حاضر مورد نظر بود.

لوله موج ایستاده (که لوله امپدانس نیز نامیده می‌شود) یکی از روش‌های اندازه‌گیری ضریب جذب صوتی به شمار می‌رود که توسط آن، اندازه‌گیری ضریب جذب و امپدانس آکوستیک با برخورد نرمال انجام می‌گیرد و تنها به نمونه‌های کوچکی از مواد جاذب نیاز است. در روش یک میکروفن و نسبت موج ایستاده، امواج صوتی سینوسی تولید شده به نمونه برخورد می‌کند و قسمتی از آن بازتاب می‌شود. در اثر برخورد موج صوتی تولید شده از بلندگو و موج بازتاب شده از سطح نمونه، الگوی امواج ایستاده و نقاط حداقل و حداکثر فشار ایجاد می‌گردد. حداکثر فشار زمانی اتفاق می‌افتد که دو موج برخوردی با یکدیگر هم‌فاز باشند و حداقل فشار مربوط به حالتی است که دو موج برخوردی غیر هم‌فاز باشند (۷).

در حالت استفاده از دو میکروفن و تابع انتقال، ابتدا سیگنال صوتی مورد نظر با استفاده از کامپیوتر و نرم‌افزار مربوط تولید و از طریق بلندگو در طول لوله منتشر می‌گردد. سپس به وسیله اندازه‌گیری هم‌زمان فشار صوت در دو موقعیت ثابت میکروفن‌ها که در دیواره لوله می‌باشند، تابع انتقال فشار صوت و در نتیجه محاسبات ضریب جذب نرمال برای مواد آکوستیک انجام می‌شود. برای محاسبه ضریب جذب نرمال، ابتدا مقدار فاکتور بازتاب از رابطه ۱ تعیین می‌گردد:

$$r = \frac{H_{12}-H_I}{H_R-H_{12}} e^{2jk_0x_1}$$ رابطه ۱

که در آن H_{12} تابع انتقال کلی میدان صوتی، H_I تابع انتقال امواج منتشر شده، H_R تابع انتقال امواج بازتاب شده، x_1 فاصله بین نمونه و میکروفن دورتر و K_0 عدد موج می‌باشد. در نهایت، ضریب جذب نرمال صدا با استفاده از رابطه ۲ محاسبه و تعیین می‌شود (۹، ۸).

$$\alpha = 1 - |r|^2$$ رابطه ۲

دقت و قابلیت اطمینان روش استفاده از لوله امپدانس با دو میکروفن در آزمایشی به نام Round-robin و توسط استاندارد ASTM (American Society for Testing and Materials) مورد ارزیابی قرار گرفت. بر خلاف همبستگی خوب گزارش شده در نتایج تست Robin و همچنین، موارد راهنما در استاندارد در مورد کالیبره نمودن میکروفن‌ها و اندازه‌گیری، استاندارد هیچ گونه تست و راهنمای عملکردی را که کاربر بتواند سخت‌افزار، نرم‌افزار و فرایند را در شرایط آزمایشگاهی خود ارزیابی کند، ارایه نداده است. دلیل این کار آن است که ماده جاذب استانداردی که خواص آکوستیک شناخته شده‌ای داشته باشد، وجود ندارد. به منظور اطمینان از کیفیت، استاندارد توصیه می‌کند که هر آزمایشگاهی لوله امپدانس را در شرایط آزمایشگاهی خود توسط یک نمونه مرجع و به صورت دوره‌ای تست نماید (۱۰، ۶).

لازم به ذکر است که از بین روش‌های تعیین ضریب جذب، استفاده از روش تابع انتقال و دو میکروفن از دقت و سهولت بالاتری برخوردار است و سریع‌تر انجام می‌شود. بنابراین، با توجه به اهمیت جاذب‌ها به عنوان یکی از مؤثرترین و کاربردی‌ترین روش‌ها در کنترل و کاهش صدا و کاربرد وسیع لوله‌های امپدانس در این زمینه و همچنین، الزام مربوط به اطمینان از کیفیت و کارکرد لوله در جهت دستیابی به نتایج صحیح، پژوهش حاضر با هدف امکان‌سنجی عملکرد لوله امپدانس و تعیین ضریب جذب مواد مختلف انجام شد.

روش‌ها

اندازه‌گیری ضریب جذب توسط لوله آکوستیکی به دو صورت شامل استفاده از میکروفن و نسبت موج ایستاده و یا بر اساس روش تابع انتقال و توسط دو میکروفن صورت می‌گیرد. در پژوهش حاضر تعیین ضریب جذب مواد توسط لوله‌های مقاومتی بر اساس استانداردهای ISO10534-2 و ASTM-E1050 و به صورت تابع انتقال انجام شد.

به منظور اندازه‌گیری ضریب جذب صوتی مواد، ابتدا بر اساس استانداردهای ذکر شده اقدام به ساخت لوله‌ای با مشخصات زیر گردید:

لوله امپدانس به شکل استوانه می‌باشد که در یک انتهای آن محل قرارگیری نگهدارنده نمونه و در انتهای دیگر، منبع صوت قرار دارد. همچنین، دو میکروفن در موقعیت‌های مشخص بر روی لوله نصب شده است. این لوله از جنس مواد سختی با سطح یکنواخت، مستقیم و غیر متخلخل می‌باشد که به غیر از حفره‌های مربوط به محل میکروفن‌ها، هیچ گونه حفره و شکافی بر روی آن وجود ندارد. همچنین، دیواره‌ها به میزان کافی ضخیم و سنگین هستند تا در برابر سیگنال‌های صدا در طیف فرکانسی مورد استفاده، سبب ایجاد ارتعاش نشوند (۸). بدین منظور، لوله مقاومتی آکوستیکی بر اساس استاندارد فوق به طول ۹۷/۲ سانتی‌متر و قطر داخلی ۳ سانتی‌متر از جنس استیل فولادی با دو بخش مجزا برای اسپیکر و میکروفن طراحی گردید. لوله مورد استفاده به صورت مستقیم و سخت و دارای سطح مقطع صافی می‌باشد. نمونه در انتهای لوله امپدانس قرار گرفته است و در سمت دیگر، محل قرارگیری منبع صدا یا بلندگو می‌باشد. به منظور انجام این آزمایش، از یک لوله امپدانس، دو میکروفن یک دوم اینچی از شرکت BSWA (کشور چین)، یک منبع صوت بلندگو و یک سیستم آنالیز فرکانس دیجیتالی محصول شرکت BSWA استفاده شد و میزان ضریب جذب مواد جاذب تعیین گردید. البته لوله امپدانس طراحی شده، با چهار میکروفن می‌باشد که قابلیت اندازه‌گیری افت انتقال را نیز دارد، اما در این تحقیق فقط از قسمت مربوط به اندازه‌گیری ضریب جذب با دو میکروفن استفاده شد.

جهت انجام آزمایش به نمونه‌هایی نیاز بود که با سطح مقطع لوله هم‌اندازه باشند. پس از ساخت دستگاه مطابق استانداردهای ISO10534 و ASTM E1050، ابتدا به منظور امکان‌سنجی و تعیین کارایی لوله از یک نمونه جاذب فوم با ضخامت ۲۵ میلی‌متر (شرکت BSWA Technology، چین) به عنوان نمونه استاندارد و مرجع استفاده شد و پس از اندازه‌گیری ضریب جذب توسط لوله مورد نظر، نمودار مربوط به آن با نمودار استاندارد ضریب جذب این شرکت مقایسه گردید. با توجه به توزیع نرمال مقادیر استاندارد و مقادیر

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-11]

اندازه‌گیری شده، مقایسه به صورت ضریب همبستگی Pearson ارایه شد. پس از تأیید کارایی لوله، چهار نمونه از مواد جاذب مورد آزمایش قرار گرفت که مواد شامل پشم شیشه با چگالی ۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب در ضخامت‌های ۳۰ و ۵۰ میلی‌متر، پشم معدنی با چگالی ۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب در ضخامت‌های ۲۰ و ۵۰ میلی‌متر، چوب پنبه با چگالی ۳۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب در ضخامت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر و لاستیک با چگالی ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب در ضخامت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر بود. همچنین، به منظور مقایسه ضرایب جذب مواد جاذب ایرانی با مواد ساخته شده در خارج از ایران، ضرایب جذب اندازه‌گیری شده پشم شیشه و پشم معدنی توسط لوله امپدانس با مقادیر ضرایب جذب این دو نوع نمونه در منابع مختلف مقایسه شد. جهت مشابه بودن ضخامت و چگالی نمونه ایرانی با نمونه خارج از ایران، از پشم معدنی با چگالی ۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب در دو ضخامت ۲۰ و ۵۰ میلی‌متر و پشم شیشه با چگالی ۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب در دو ضخامت ۳۰ و ۵۰ میلی‌متر استفاده گردید. قبل از اندازه‌گیری، ابتدا به منظور حذف خطای ناشی از میکروفن‌ها به کالیبراسیون آن‌ها در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز و فشار صوت ۹۴ یا ۱۱۴ دسی‌بل پرداخته شد. سپس از طریق نرم‌افزار VA-Lab4 اندازه‌گیری هر نمونه انجام گردید و در نهایت، نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در واقع، کارت پردازش صدا میزان تراز فشار صوت را در دو موقعیت میکروفن اندازه‌گیری و تابع انتقال (H_{12}) را بین آن‌ها مشخص نمود. سپس، میزان ضریب جذب صوتی مواد توسط نرم‌افزار نشان داده شد.

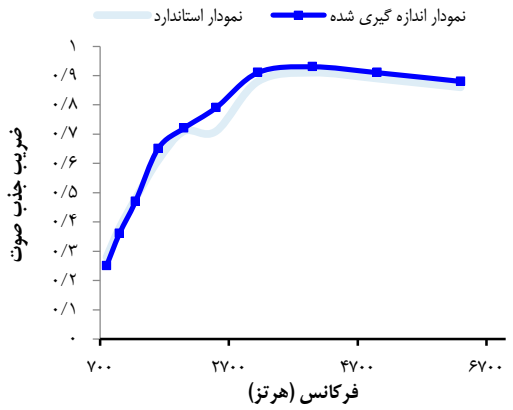
بازه فرکانس مورد نیاز، به قطر لوله و فاصله بین دو میکروفن بستگی دارد. بنابراین، محدوده فرکانس مورد استفاده در پژوهش حاضر بین ۸۰۰ تا ۵۰۰۰ هرتز در نظر گرفته شد و ضریب جذب نمونه‌های تهیه شده در فرکانس‌های یک سوم اکتاو باند اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها

شکل ۱ نتایج تأیید کارایی لوله امپدانس مورد مطالعه را نشان می‌دهد. ضرایب جذب فوم استاندارد اندازه‌گیری شده در شرایط آزمایشگاهی و ضرایب جذب استاندارد با ضریب همبستگی ۰/۹۸ و r^2 = ۰/۹۶، رابطه مستقیمی داشتند ($P < ۰/۰۰۱$).

پس از تأیید نتایج حاصل از کارایی و امکان‌سنجی استفاده از لوله امپدانس، ضرایب جذب نمونه‌های مورد بررسی اندازه‌گیری گردید. جدول ۱ مقادیر حداکثر و حداقل ضریب جذب صوت در فرکانس مربوط به هر دو ضخامت را نشان می‌دهد.

بر اساس داده‌های جدول ۱، بیشترین ضرایب جذب مربوط به نمونه‌های پشم معدنی و پشم شیشه بود. در این بین، نمونه‌های لاستیک و چوب پنبه کمترین ضرایب جذب را به خود اختصاص دادند.



شکل ۱. مقایسه ضریب جذب استاندارد با مقادیر اندازه‌گیری شده فوم استاندارد با ضخامت ۲۵ میلی‌متر

مقادیر ضریب جذب صوتی برخی مواد در پژوهش‌های مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته (۱۲، ۱۱)، اما تاکنون برای مواد جاذب ایرانی ضرایب جذب مشخصی به طور دقیق محاسبه نشده است.

با توجه به داده‌های جدول ۲، ضرایب جذب مربوط به پشم معدنی اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه نشان داد که میزان جذب صوت در فرکانس‌های بالا بیشتر از فرکانس‌های پایین بود؛ در حالی که در پشم معدنی مرجع نظم خاصی در ارتباط بین فرکانس و ضریب جذب مشاهده نشد. همچنین، در پشم معدنی مرجع، افزایش ضخامت در همه فرکانس‌های ذکر شده به جز فرکانس‌های ۲۰۰۰ و ۵۰۰۰ هرتز، سبب افزایش میزان جذب شد که این مطلب در نمودار اندازه‌گیری شده در شرایط آزمایشگاهی بدین صورت بود که ضخامت کمتر دارای جذب بالاتری در محدوده فرکانسی ۱۲۵۰ تا ۳۲۰۰ هرتز بود. شکل ۲ ضرایب جذب اندازه‌گیری شده برای دو ضخامت نمونه را در طیف فرکانسی مورد مطالعه نشان می‌دهد.

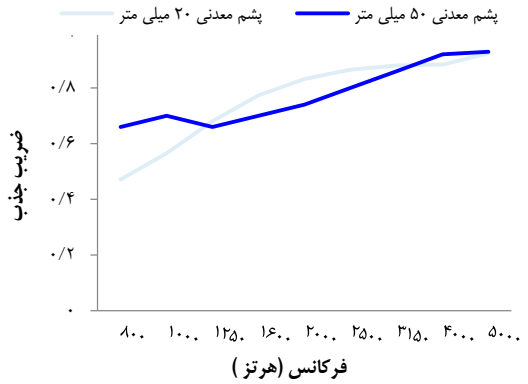
جدول ۱. مقادیر حداکثر و حداقل ضرایب جذب صوتی نمونه‌های جاذب

نوع ماده جاذب	چگالی (کیلوگرم بر مترمکعب)	حداکثر ضریب جذب صوت		حداقل ضریب جذب صوت	
		مقدار	فرکانس (هرتز)	مقدار	فرکانس (هرتز)
چوب پنبه ۲۵ میلی‌متر	۳۹۰	۰/۱۴	۵۰۰۰	۰/۰۷	۱۰۰۰
چوب پنبه ۵۰ میلی‌متر		۰/۱۶	۵۰۰۰	۰/۰۸	۸۰۰
پشم معدنی ۲۰ میلی‌متر	۴۰	۰/۹۲	۵۰۰۰	۰/۴۷	۸۰۰
پشم معدنی ۵۰ میلی‌متر		۰/۹۳	۵۰۰۰	۰/۶۶	۸۰۰
لاستیک ۲۵ میلی‌متر	۱۱۰۰	۰/۲۶	۵۰۰۰	۰/۰۲	۱۰۰۰
لاستیک ۵۰ میلی‌متر		۰/۲۹	۴۰۰۰	۰/۰۷	۸۰۰
پشم شیشه ۳۰ میلی‌متر	۱۵	۰/۹۶	۵۰۰۰	۰/۳۰	۸۰۰
پشم شیشه ۵۰ میلی‌متر		۰/۹۹	۲۰۰۰	۰/۷۰	۸۰۰

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-11]

جدول ۲. ضرایب جذب صوتی پشم معدنی مرجع با دو ضخامت ۲۰ و ۵۰ میلی‌متر (۱۱) و شرایط آزمایشگاهی

شرایط	ماده	فرکانس (هرتز)				
		۸۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰
مرجع	پشم معدنی مرجع، ۲۰ میلی‌متر	۰/۳۶	۰/۶۰	۰/۶۳	۰/۴۹	۰/۶۶
	پشم معدنی مرجع، ۵۰ میلی‌متر	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۶۲	۰/۸۳	۰/۵۱
آزمایشگاهی	پشم معدنی، ۲۰ میلی‌متر	۰/۴۷	۰/۵۶	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۹۲
	پشم معدنی، ۵۰ میلی‌متر	۰/۶۶	۰/۷۰	۰/۷۴	۰/۹۲	۰/۹۳



شکل ۲. ضریب جذب صوت پشم معدنی ۲۰ و ۵۰ میلی‌متر

همچنین، از یک نمونه پشم شیشه نیز استفاده گردید که نتایج مقایسه مقادیر ضریب جذب اندازه‌گیری شده با مقادیر مرجع در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳. ضرایب جذب صوتی پشم شیشه مرجع با دو ضخامت ۳۰ و ۵۰ میلی‌متر (۱۲) و شرایط آزمایشگاهی

شرایط	ماده	فرکانس (هرتز)			
		۸۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰
مرجع	پشم شیشه مرجع، ۳۰ میلی‌متر	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۵۴	۰/۶۷
	پشم شیشه مرجع، ۵۰ میلی‌متر	۰/۶۵	۰/۷۹	۰/۹۸	۰/۹۴
آزمایشگاهی	پشم شیشه، ۳۰ میلی‌متر	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۶۴	۰/۸۸
	پشم شیشه، ۵۰ میلی‌متر	۰/۷۰	۰/۸۲	۰/۹۹	۰/۹۶

با توجه به جدول ۳، ضرایب جذب مربوط به هر دو حالت مرجع و مقادیر اندازه‌گیری نشان می‌دهد که میزان جذب صوت در فرکانس‌های بالا بیشتر از فرکانس‌های پایین می‌باشد. در پشم شیشه مرجع با ضخامت بیشتر، میزان ضریب جذب بالاتر از ضخامت کم این ماده بود. این مطلب در نمودار اندازه‌گیری شده مربوط به پشم شیشه در شرایط آزمایشگاهی نیز برای هر چهار فرکانس مشاهده شد. همچنین، میزان جذب نمونه پشم شیشه ایرانی در فرکانس‌های ذکر شده بیشتر از نمونه مرجع به دست آمد که ممکن است به دلیل مشخصات فیزیکی محصول و نوع تولید جاذب از جمله میزان تخلخل آن‌ها باشد.

بحث

جذب صداهای تولید شده، یکی از مهم‌ترین تکنولوژی جهت کاهش صدا و ایجاد آرامش برای افراد می‌باشد. جذب صدا در صنایع اغلب شامل استفاده از موادی مانند پشم شیشه، فوم، فیبرهای معدنی و سایر ترکیبات است. در سال‌های اخیر مطالعات زیادی مربوط به پیشرفت مواد جاذب و تکنولوژی‌های جدید جهت جذب صدا انجام شده است (۱۴، ۱۳).

نتایج مطالعه Pleban نشان داد که پشم معدنی و فوم پلی‌اورتان سلول باز، ضریب جذب صوت بالایی را در فرکانس‌های بیشتر از ۴۰۰۰ هرتز نشان می‌دهند (۱۵) که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت. در تحقیق Suhanek و همکاران مشخص گردید که با افزایش ضخامت نمونه پشم معدنی، میزان ضریب جذب به خصوص در فرکانس‌های بالا افزایش یافت (۱۶) که با نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر مشابه بود.

در پژوهش‌های مختلف، میزان ضریب جذب صوتی برخی از مواد و مصالح اندازه‌گیری شده است، اما در ایران ضرایب جذب مشخصی از مواد جاذب موجود نیست. همچنین، به دلیل تفاوت در نوع خصوصیات ساختاری و فیزیکی جاذب‌های ایرانی با همان نوع مواد در خارج از کشور، میزان جذب صوت متفاوت می‌باشد. این نکته در نتایج مقایسه دو نوع ماده پشم معدنی و پشم شیشه با ضرایب جذب همین مواد در مطالعات مختلف بررسی شد. با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می‌شود که به دلایل ذکر شده، مقادیر ضرایب اندازه‌گیری شده با مقادیر مرجع متفاوت است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر، می‌توان ضریب جذب تمام مواد و مصالح داخل کشور که فاقد شناسنامه معتبر ضریب جذب صوتی می‌باشند را با بالاترین دقت و ضریب اطمینان و صرف کمترین هزینه توسط لوله امپدانس با دو میکروفن تعیین نمود تا به نتایج مطلوبی از روش‌های کنترلی آلودگی صوتی با استفاده از جاذب‌های صوتی در محیط و صنعت دست یافت.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد به شماره ۳۹۳۳۰۱ می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه علوم پزشکی اصفهان جهت همکاری و تأمین وسایل آزمایشگاه صدا و ارتعاش دانشکده بهداشت، تقدیر و تشکر نمایند.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-11]

References

1. Yosefi HA. Integrated management systems for health, safety and environment. 1st ed. Tehran, Iran: Fanavaran; 2011. [In Persian].
2. Golmohammadi R, Olyaie M, Samavat H, Motamedzadeh M. Producing of Impedance Tube for Measurement of Acoustic Absorption Coefficient of Some Sound Absorber Materials. Sci J Hamadan Univ Med Sci 2008; 15 (1): 55-61[In Persian].
3. Waye K, Agge A, Clow A, Hucklebridge F. Cortisol response and subjective sleep disturbance after low frequency noise exposure. J Sound Vib. 2004; 277(3):453-7.
4. Crocker MJ. Handbook of noise and vibration control. New York, NY: John Wiley & Sons; 2007.
5. Beranek LL. Noise and vibration control engineering: principles and applications. New York, NY: Wiley; 1992.
6. Haines J. Standing wave and two-microphone impedance tube round robin test program [Report]. Flint, MI: Kettering University; 1989.
7. Russell DA. Absorption Coefficients and Impedance [Online]. [cited 2002]; Available from: URL: http://www.acs.psu.edu/drussell/Demos/SWR/AbsorptionCoeff.pdf
8. ISO. Acoustics-Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-Part 2: Transfer-function method [Online]. [cited 1998]; Available from: URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=22851
9. Forouharmajd F. The survey of impedance tube role in determining sound absorption coefficient [Report]. Isfahan, Iran: Isfahan University of Medical Sciences; 2011.
10. Seybert AF. Notes on absorption and impedance measurements [Online]. [cited 2003]; Available from: URL: http://www.engr.uky.edu/vac/public_html/Absorption_Meas.pdf
11. Sikora J, Turkiewicz J. Sound absorption coefficient of granular materials. Mechanics and Control 2010; 29(3): 149-51.
12. Tiuc A, Vasile O, Didona A, Gabor T, Vermisan H. The analysis of factors that influence the sound absorption coefficient of porous materials. Romanian Journal of Acoustics and Vibration 2014; 6(2); 6(2): 105-8.
13. Yu BZ. New hot isolation and sound absorption damp material- porous polymer. New Architect Mater 1999; 3(4): 9-12.
14. Zhang J, Zhao SL, Guo Y. Repolypropylene block burn foam absorption sound on research. Noise Liberation Control 1997; 3: 36-9.
15. Pleban D. Method of Testing of Sound Absorption Properties of Materials Intended for Ultrasonic Noise Protection. Archives of Acoustics, 2013; 38(2): 191-5.
16. Suhanek M, Jambrosi K, Horvat H. A comparison of two methods for measuring the sound absorption coefficient using impedance tubes. Proceedings of the 50th International Symposium ELMAR-2008; 2008 Sep 10-13; Zadar, Croatia.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-11]

Journal of Health System Research Received: 04.02.2015

Vol. 12, No. 1, Spring 2016 Accepted: 23.08.2015

The Feasibility of Using Impedance Tube with Two Microphones and Sound Absorption Coefficient Measurement of Iranian-Made Materials Using Transfer Function Method

Farhad Forouharmajd[1], Zahra Mohammadi[2]

Original Article

Abstract

Background: Sound is one of the most important factors threatening workers' health. The most efficient and practical method for controlling noise pollution is the use of sound-absorbing materials. Impedance tube with two microphones is used to determine the sound absorption coefficients and should be tested periodically for accuracy and efficiency. The purpose of present study was assessing the feasibility of tube performance and measuring the sound absorption coefficient of some Iranian-made materials.

Methods: After designing the impedance tube and ensuring its effectiveness via comparing the measured chart with the reference curve of standard foam, the absorption coefficients of four samples including glass wool (15 kg/m^3), mineral wool (40 kg/m^3), cork (390 kg/m^3) and rubber (89 kg/m^3) were measured in two different thicknesses. Each sample measurement was performed three times and then, the average results were showed as graphs using Va-lab4 software.

Findings: The results of the accuracy and efficiency showed that the impedance tube could be used with a correlation coefficient of 0.98. In addition, the glass wool sample and mineral wool had the highest absorption coefficients and the cork and rubber sample had a lower sound absorption. Besides, comparing glass wool with reference values showed that in both samples, the absorption increased with increasing frequency. The measured mineral wool with greater thickness had better sound absorption in all frequencies except of 2000 to 3300 Hz. However, the reference mineral wool with 50 mm thickness had lower absorption in frequencies of 2000 and 5000 Hz.

Conclusion: According to the results, the absorption coefficient can be determined with the highest accuracy for all materials via 2-microphones impedance tube and in this way, we can achieve the desired results of controlling noise pollution in environment and industry.

Keywords: Impedance tube, Absorption coefficient, Transfer function

Citation: Forouharmajd F, Mohammadi Z. **The Feasibility of Using Impedance Tube with Two Microphones and Sound Absorption Coefficient Measurement of Iranian-Made Materials Using Transfer Function Method.** J Health Syst Res 2016; 12(1): 119-24.

1- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- MSc Student, Student Research Committee, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Zahra Mohammadi, Email: z_mohammadi@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-11]