مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵
مقاله پژوهشی

مطالعه خصوصیات جذب صوتی مواد ساختمانی رایج در بناهای صنعتی و اداری کشور

محسن علی آبادی [۱،*]، رستم گلمحمدی [۲]، محمد علیایی [۳]، رضا شهیدی [۳]

[۱] استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۲] استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۳] دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* **نویسنده مسئول:** محسن علی آبادی، استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
ایمیل: Mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir

DOI: 10.21859/johe-03031

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۰۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۱۲

واژگان کلیدی:
ضریب جذب صوت
مواد آکوستیکی
مواد ساختمانی
لوله امپدانس

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

مقدمه: در سطح کشور اطلاعات معتبری در خصوص ارزش آکوستیکی مصالح جهت استفاده در محیط‌های اداری و صنعتی وجود ندارند. هدف از انجام این پژوهش مطالعه خصوصیات جذب صوتی مواد و تدوین بانک داده‌های آکوستیکی است.

روش کار: در این پژوهش توصیفی مقطعی تعداد حداقل ۶۰ نمونه از مواد ساختمانی و مواد آکوستیکی مورد آزمایش قرار گرفت. در این مطالعه جهت اندازه‌گیری ضریب جذب صوتی مواد از لوله امپدانس مدل SW۲۶۰ شرکت BSWA مطابق با استاندارد ISO ۱۰۵۳۴ و میکروفن یک چهارم اینچ مدل MPA۴۱۶ و آمپلی فایرمدل PA۵۰ در محدوده فرکانسی ۱۲۵ الی ۶۳۰۰ هرتز استفاده گردید. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار Excel ۲۰۱۳ مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج اندازه گیری ضریب جذب صوتی انواع مواد و مصالح موجود در کشور بر مبنای فرکانس‌های یک اکتاوباند ارائه گردید. نتایج نشان داد با افزایش ضخامت فوم‌های پایه شیمیایی ضریب جذب صوتی افزایش می‌یابد. با این حال تأثیر دانسیته جاذب بر افزایش ضریب جذب در مقایسه با اثر ضخامت جاذب بسیار ناچیز است. فوم پلی یورتان در مقایسه با فوم پلی اتیلن کارایی بسیار بالاتری از لحاظ جذب صوتی داشت.

نتیجه گیری: با استفاده از نتایج ارائه شده، متخصصین آکوستیک می‌توانند ارزیابی قابل اطمینان تری از شرایط آکوستیکی محیط‌های اداری و صنعتی در فاز طراحی یا بهره برداری داشته باشند. نتایج تأیید نمود ضخامت ماده جاذب به‌عنوان یک فاکتور تعیین کننده در کارایی جذب صوت به‌ویژه در خصوص جاذب‌های با کارایی بالا از جمله فوم‌های پایه شیمیایی است.

مقدمه

آسایش آکوستیکی، عدم وجود صداهای مزاحم و نابهنجار و آسایش افراد در محیط کار و زندگی از دیدگاه آکوستیکی است [۱، ۲]. در محیط‌های پر صدا به منظور کاهش انعکاس و زمان بازآوایی و در نتیجه کاهش تراز صدا از مواد و مصالحی که دارای خصوصیات جذب صوت هستند، استفاده می‌شود. مواد جاذب صوت با تأثیر بر روی سطوح داخلی یک بنا و در نتیجه کاهش انعکاس صدا در این سطوح داخلی موجب کاهش تراز صوت می‌گردند [۳]. جذب صوت در آکوستیک به معنی افت انرژی هنگام برخورد یک موج صوتی به سطح معین و تبدیل آن به انرژی گرمایی است. برای کاهش صدا در میدان‌ها یا محیط‌های بازآوا، مواد جاذب صدا را می‌توان بر روی سطوح مورد استفاده قرار داد. ضریب جذب سطوح به صورت نسبت انرژی آکوستیکی جذب شده W_{abs} به انرژی آکوستیکی برخوردی W_{in} بر سطوح تعریف می‌شود که با α نمایش داده می‌شود. ضریب جذب سطوح تابعی از فرکانس امواج صوتی می‌باشد. در نتیجه ضریب جذب صوت به عنوان میانگینی از ضریب جذب صوتی سطوح در فرکانس‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، و ۲۰۰۰ هرتز از اکتاوباند صوت تعریف می‌شود [۴]. در زمان انتخاب مواد جاذب صوت، اطلاع از ضرایب جذب صوتی مواد برای متخصصین آکوستیک بسیار حیاتی است. علاوه بر این توزیع فرکانسی صدای منابع صوتی مو جود در اتاق

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-15]
[DOI: 10.21859/johe-03031]

یا فضا در راستای اینکه این مواد با میدان آکوستیکی آن فضا متناسب باشند نیز از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است [۵]. قبل از طراحی و اجرای مداخلات کنترل صدا، می‌بایست تحلیل آکوستیکی بنا انجام گیرد. در تحلیل آکوستیکی بنا خصوصیات سطوح داخلی و تأثیر آنها بر بازتابش‌های صوتی و همچنین اثر موانع صوتی باید مورد بررسی قرار گیرد. هدف از انجام این کار بررسی اثر سطوح داخلی بر تشدید صدا در داخل بنا است [۶]. هر چه ضریب جذب صدا سطوح داخلی کمتر باشد تشدید صدای ناشی از آنها به عنوان منابع ثانویه بیشتر خواهد بود [۷]. جهت اندازه گیری ضریب جذب صوت دو روش اختصاصی شامل اتاقک بازآوایی و همچنین لوله‌های امپدانس وجود دارد [۸]. هر کدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هستند که به هنگام استفاده باید به آن توجه نمود. یکی از مهم‌ترین مزیت‌های روش لوله امپدانس این است که برای اندازه گیری ضریب جذب مواد نیاز به نمونه‌های بزرگی از مواد نیست که خود باعث تسهیل در تهیه مواد و حمل آن می‌گردد. به عنوان مثال یک نمونه دایره‌ای شکل با قطر حداکثر ۱۰ سانتی متر با هر ضخامتی می‌تواند برای این منظور مورد استفاده قرار گیرد. نصب دستگاه و تجهیزات در این روش ساده و همچنین نتایج به سرعت قابل حصول می‌باشند که خود باعث افزایش داده‌های اندازه گیری و در نتیجه کاهش خطاهای احتمالی می‌گردد. با این حال در روش اتاق باز آوا نیاز به نمونه‌های با اندازه بسیار بزرگ برای نصب در سطح اتاق باز آوا می‌باشد که به عنوان محدودیت روش محسوب می‌گردد [۸]. علاوه براین وجود اتاق بازآوا با ابعاد و خصوصیات استاندارد نیز ضروری است [۸]. بدین جهت روش قابل حصول و کاربردی‌تر که در مطالعات و تحقیقات روی کارایی جذب صوتی مواد بکارگرفته می‌شود، روش لوله امپدانس است.

در ایران به دلیل عدم ارائه خصوصیات جذب آکوستیکی مصالح توسط وارد کنندگان و حتی تولید کنندگان، استفاده کنندگان اطلاعات قابل اطمینانی در خصوص استفاده از مواد و مصالح با خصوصیات جذب صوتی برای کاهش صدای داخل اماکن صنعتی و غیر صنعتی ندارند [۹, ۱۰]. در کشور ما تاکنون امکان اندازه گیری ضریب جذب خصوصاً برای صنایع تولید کننده این مواد فراهم نبوده، و مصرف کنندگان این مواد نیز از ضریب جذب مواد جاذب خریداری شده اطمینان کافی ندارند. در برخی موارد در کتب و مقالات علمی موجود داخلی و بین المللی نیز برای یک ماده ضرایب‌جذب صوتی مختلفی گزارش کرده‌اند که به علت تفاوت ساختاری مواد آزمایش شده با مواد در دسترس است. بنابراین در داخل کشور مواد و مصالح مورد استفاده به عنوان جاذب صوت فاقد شناسنامهٔ معتبری می‌باشند. هدف از انجام این مطالعه بررسی خصوصیات آکوستیکی مواد جاذب صوتی رایج و تعیین ضرایب جذب مصالح جاذب صوت موجود در بازار کشور است. بر اساس نتایج مطالعه می‌توان یک بانک اطلاعاتی از مشخصات آکوستیکی مواد جاذب صوت تهیه نمود. این بانک اطلاعاتی می‌تواند ابزار مفیدی برای طراحان و کارشناسان صنعتی جهت طراحی یا ارزیابی بناهای صنعتی و غیر صنعتی مثل اماکن عمومی و محیط‌های اداری از جنبه آلودگی صوتی باشد. طراحی مناسب محیط‌های مختلف از جنبه آکوستیکی می‌تواند موجبات تأمین آسایش صوتی ساکنین یا شاغلین را به طور موثری فراهم آورد و در تأمین سلامت جسمی و روانی جامعه مؤثر باشد.

روش کار

در این پژوهش توصیفی مقطعی که در سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه عوامل فیزیکی دانشکده بهداشت انجام گرفت. مطابق با مراجع معتبر مواد مورد آزمایش در دو بخش مواد ساختمانی Building Materials و مواد آکوستیکی Acoustic Materials تقسیم بندی می‌گردند [۴-۶]. تعداد حداقل ۶۰ نمونه از مواد ساختمانی و از مواد آکوستیکی قابل دسترس تهیه گردید. از جمله مواد ساختمانی انواع گچ برگ، فیبر، نئوپان، فوم و همچنین تایل های آکوستیک متداول در ساخت و ساز و طراحی داخل بناها در ضخامت‌های مختلف مورد آزمایش قرار گرفت. از جمله مواد آکوستیکی انواع تایل های گچی و مقوایی و ترکیبی، فوم‌های مصنوعی مثل پلی یورتان، پلی استایرن، فوم لاستیک، الیاف بافته و نبافته و انواع پشم‌های معدنی مثل پشم شیشه، پشم سنگ مورد آزمایش قرار گرفت. در این مطالعه تجربی اندازه گیری ضریب جذب صوتی مصالح آکوستیکی با استفاده از یک لوله امپدانس بر مبنای روش تابع انتقالی مطابق با استاندارد ISO10534 و با کمک یک مولد صوت خالص و تراز سنج صوت کالیبره شده صورت گرفت و ضرایب جذب صوت مصالح موجود در بازار اندازه گیری و مورد بررسی قرار گرفت [۱۱, ۱۲]. تصویر ۱ شماتیک اجزاء لوله امپدانس براساس روش تابع انتقالی را نشان می‌دهد. روش تابع انتقال از طریق تولید موج صفحه‌ای در لوله با استفاده از بلندگو اجرا می‌گردد و فشار صوت در دو ممان در مجاورت نمونه اندازه گیری می‌گردد. تابع انتقال آکوستیکی پیچیده

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.21859/johe-03031]

سیگنال‌های دو میکروفن تعیین شده و سپس برای محاسبه فاکتور بازتابی و ضریب جذب صوتی، نسبت امپدانس مواد مورد آزمایش استفاده می‌گردد. محدوده فرکانسی بستگی به قطر لوله و فاصله بین محل میکروفن‌ها دارد. فاکتور نرمال بازتابی از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌گردد [۱۱, ۱۲].

$$r=| r |e^{j\Phi_r}=(H_{12}-H_I)/(H_R-H_{12})\, e^{2jk_0 x_1} \quad (۱)$$

در این رابطه

X_1: فاصله بین نمونه و دورترین میکروفن

$\emptyset_1$: زاویه فازی فاکتور بازتابی

H_{12}: تابع انتقالی از میکروفن یک تا دو تعریف می‌شود از طریق نسبت پیچیده $S_{21}/S_{12}=P_1/P_2$

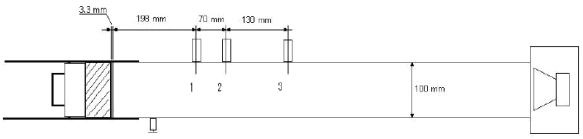
H_R و H_I: بخش واقعی و تصویر بخش H12 می‌باشد.

در نهایت ضریب جذب صوتی مواد از رابطه ۲ تعیین می شود.

$$\alpha=1-|r|^2=1-r_r^2-r_i^2 \quad (۲)$$

α: ضریب جذب صوتی

r: فاکتور بازتاب صوتی



تصویر ۱: شماتیک اجزاء لوله امپدانس براساس روش تابع انتقال



تصویر ۲: لوله امپدانس مدل SW۲۶۰ شرکت BSWA به همراه نمونه‌های مورد مطالعه

در این مطالعه مطابق با تصویر ۲ جهت اندازه گیری ضریب جذب صوتی مواد از لوله امپدانس مدل SW260 شرکت BSWA مطابق با استاندارد ISO 10534-2 در محدوده فرکانسی ۱۲۵ الی ۶۳۰۰ هرتز با قطر داخلی ۳۰ و ۶۰ میلی متر و با بلندگوی با قطر ۱۰ سانتی متر و توان صوتی ۲۰ وات و میکروفن یک چهارم اینچ مدل MPA416 و آمپلی فایر مدل PA50 استفاده گردید که نرم افزار مرتبط با آن Imp-A 2 Va-Lab می‌باشد. نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار Excel ۲۰۱۳ مورد توصیف و تحلیل قرار گرفت. لازم به ذکراست قبل از انجام آزمایش مواد، لوله امپدانس با استفاده از نمونه فوم ارائه شده توسط شرکت سازنده دستگاه مورد کالیبراسیون قرار گرفت که از صحت و دقت (تکرارپذیری) قابل قبولی در مقایسه با منحنی جذب صوت ارائه شده برای فوم در گواهی کالیبراسیون برخوردار بود.

یافته ها

اندازه گیری ضریب جذب صوتی مواد از لوله امپدانس مطابق با استاندارد ISO 10534-2 در دمای هوا C ۲۰° و رطوبت نسبی هوا ۴۰% و چگالی هوا kg/m^3 ۱/۲ صورت گرفت که در این شرایط سرعت صوت در هوا m/s ۳۴۲ و امپدانس صوتی pa.s/m ۴۱۳ تعیین شد. نتایج اندازه گیری ضریب جذب صوتی انواع فوم‌های پایه شیمیایی موجود در بازار کشور در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج اندازه گیری ضریب جذب صوتی انواع مواد و مصالح موجود در بازار کشور در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است عدم گزارش ضریب جذب صدا در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز به دلیل نیاز به ضخامت بیش از ۲/۵ سانتی متر است که هولدر نمونه گیر در دستگاه قابلیت جایگذاری آن را ندارد. کد نمونه، شماره‌ای است که نمونه مذکور در آزمایشگاه بایگانی شده است. به طور کلی نتایج نشان داد ضریب جذب صوتی فوم‌های پایه شیمیایی با افزایش فرکانس، افزایش می‌یابد. بنابراین برای جذب صدای های با فرکانس بالا قابلیت بسیار خوبی دارند.

در تصویر ۳ ضریب جذب فوم پلی یورتان یا دانسیته kg/m^3 ۱۲ بر مبنای ضخامت جاذب ارائه شده است. تصویر ۴ ضریب جذب فوم پلی یورتان یا دانسیته kg/m^3 ۳۰ بر مبنای ضخامت جاذب را نشان می‌دهد. نتایج ارائه شده بیان می‌دارد که با افزایش ضخامت در فوم‌های پایه شیمیایی ضریب جذب صوتی افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش در فرکانس‌های متوسط و بالا مشاهده می‌گردد.

تصویر ۵ ضریب جذب فوم پلی یورتان با ضخامت cm ۲/۵ بر مبنای دانسیته جاذب ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد افزایش دانسیته نیز به طور نامحسوس منجر به افزایش ضریب جذب صوتی شده است. با این حال دانسیته جاذب در مقایسه با اثر ضخامت جاذب بسیار ناچیز است. تصویر ۶ ضریب جذب فوم پلی یورتان در مقایسه با فوم پلی اتیلن با ضخامت و دانسیته تقریباً یکسان را نشان می‌دهد. فوم پلی یورتان در مقایسه با فوم پلی اتیلن کارایی بسیار بالاتری از لحاظ جذب صوتی دارد.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.21859/johe-03031]

جدول ۱: نتایج اندازه گیری ضریب جذب صوتی انواع فوم‌های پایه شیمیایی موجود در بازار کشور

نمونه	نام ماده	دانسیته (Kg/m3)	ضخامت (cm)	فرکانس (Hz)				
				۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰
۲۴	فوم پلی یورتان	۱۲	۱/۵	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۲	۰/۲۷	۰/۶۴	۰/۶۹
۱	فوم پلی یورتان	۱۲	۲/۵	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۳۷	۰/۵۶	۰/۹	۰/۷۷
۳۰	فوم پلی یورتان	۱۲	۳/۵	۰/۲	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۸۸	۰/۶۶	–
۲۵	فوم پلی یورتان	۱۲	۴/۲	۰/۱	۰/۳۳	۰/۴۶	۰/۹۲	۰/۷۳	–
۳	فوم پلی یورتان	۱۷	۱/۵	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۲۱	۰/۸۳	۰/۷۸
۲۷	فوم پلی یورتان	۱۷	۲/۹	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۴۵	۰/۶۱	۰/۸۴	–
۳۱	فوم پلی یورتان	۱۷	۲/۹	۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۷۹	۰/۵۷	–
۲۶	فوم پلی یورتان	۱۷	۴/۳	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۶۹	۰/۹۶	۰/۷۸	–
۲۹	فوم پلی یورتان	۲۰	۱/۸	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۹	۰/۴۴	۰/۷۴	–
۲	فوم پلی یورتان	۲۰	۲/۵۴	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۳۱	۰/۶	۰/۸۵	۰/۷۲
۳۳	فوم پلی یورتان	۲۰	۵	۰/۲۲	۰/۳۹	۰/۴۹	۰/۷۸	۰/۶۸	–
۲۸	فوم پلی یورتان	۳۰	۱	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۴۸
۴	فوم پلی یورتان	۳۰	۲/۷	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۲۶	۰/۷۳	۰/۹۳	۰/۷۹
۳۵	فوم پلی یورتان	۳۰	۲/۷	۰/۰۶	۰/۱	۰/۳۱	۰/۶۲	۰/۹۷	۰/۹۳
۵	فوم پلی یورتان	۳۰	۴/۴	۰/۰۸	۰/۲۱	۰/۴۴	۰/۸۴	۰/۹۴	–
۵۰	فوم پلی یورتان	۲۵	۱/۴	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۳۳
۵۱	فوم شانه تخم مرغی	۵۰	۱/۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۱	۰/۱۹	۰/۱۴
۱۶	فوم NBR-PVC	۵۰	۲/۷	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۲۸
۲۱	فوم پلی اتیلن	۲۰	۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۳۵
۶	فوم پلی اتیلن	۲۰	۱/۹	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۶۶
۹	فوم پلی اتیلن فویل دار	۲۲	۱/۹	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۶۱
۲۰	فوم پلی اتیلن	۱۹	۵/۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۱	۰/۳	–
۶۱	فوم پلی استایرن	۱۰	۱	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۳۲
۲۲	فوم پلی استایرن	۱۲	۱/۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۲۵
۱۵	فوم پلی استایرن	۵	۳	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۳۲	۰/۹۶
۲۳	فوم پلی استایرن	۱۸	۴/۸	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۳۸	۰/۳۵	–

جدول ۲: نتایج اندازه گیری ضریب جذب صوتی انواع مواد و مصالح موجود در بازار کشور

کد نمونه	نام ماده	**دانسیته (Kg/m^3)	ضخامت (cm)	فرکانس (Hz)				
				۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰
۵۳	پشم سنگ	۱۱۵	۱/۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۴۳	۰/۶۶	۰/۹۱
۵۲	پشم سنگ	۱۰۰	۳	۰/۳۹	۰/۰۷	۰/۲۸	۰/۸	۰/۹۲	–
۴۵	پشم سنگ	۶۵	۴/۳	۰/۰۵	۰/۲۳	۰/۳۵	۰/۸۹	۰/۹۶	–
۵۴	پشم سنگ	۸۵	۵	۰/۱۶	۰/۴	۰/۵۹	۰/۸۸	۰/۸۸	–

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.21859/johe-03031]

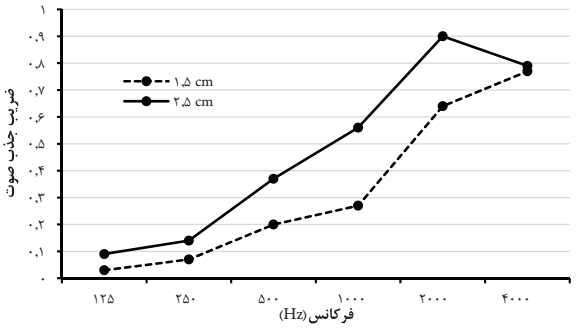
۵۵	پشم شیشه	۱۲	۳/۲	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۳۳	۰/۷۹	–
۵۹	پشم شیشه فویل دار	۵۰	۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۳۷	۰/۸۳	۰/۵۳	۰/۳۱
۵۶	الیاف پلی استر Silsonic	۳۰	۲/۷	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۵۸	۰/۷۴
۵۷	الیاف پلی استر با یک لایه لاستیک	–	۲	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۴۲	۰/۷۱
۴۹	عایق الاستومری (سامان تهویه)	۶۰	۱	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۳
۷	*تایل گچی روکش مقوا (گچ برگ)	–	۱/۲	۰/۰	۰/۰۳	۰/۱	۰/۱۱	۰/۱	۰/۰۹
۶۲	*تایل گچی ساده با روکش کاغذ	–	۱/۲	۰/۲۷	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱
۱۲	*تایل گچی سوراخ دار روکش پلاستیک	–	۰/۹	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۲۶	۰/۲۹
۱۸	*تایل گچی روکش پلاستیک	–	۰/۷	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۱	۰/۱
۳۷	* تایل گچی سوراخ دار	–	۱	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۳۱
۳۸	*تایل گچی روکش پلاستیکی	–	۰/۸	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۱۱
۳۹	*تایل مقوایی سوراخ دار	–	۰/۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴
۱۳	*تایل مقوایی USG	–	۰/۹	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۲۵	۰/۳۸	۰/۵۳	۰/۴۲
۵۸	*تایل مقوایی Thermatex	–	۱/۴	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۳۲	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۵۲
۴۰	کف پوش صنعتی PVC (لمینت)	–	۰/۲	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۸
۱۴	کف پوش فومی سلول بسته تاتامی	–	۲	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۱۲
۴۷	کف پوش لاستیکی تک لایه	–	۰/۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱	۰/۱	۰/۰۴
۴۸	کف پوش لاستیکی چندلایه	–	۰/۶	۰/۰	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۰۸
۴۶	لاستیک	–	۰/۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۹
۱۷	موکت طرح دار (ظریف مصور)	–	۰/۷	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۲۲
۳۶	موکت معمولی	–	۰/۶	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۴
۸	دیوار پوش PVC آذران پلاستیک		۰/۸	۰/۱	۰/۰۵	۰/۲۴	۰/۴۵	۰/۷۴	۰/۴۱
۶۰	دیوار پوش PVC آذران پلاستیک		۰/۷	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۱۷	۰/۵۱	۰/۳	۰/۱۹
۴۲	نئوپان		۰/۸	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۶
۴۴	نئوپان		۱/۶	۰/۰	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۰۸
۱۰	فیبر HDF ساده		۰/۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵
۱۱	فیبر HDF روکش پلاستیکی		۰/۳	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵
۴۱	فیبر HDF طرح دار		۰/۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۱	۰/۰۸
۴۳	فیبر MDF		۰/۸	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۶
۱۹	فیبر MDF		۱/۶	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۲

* لازم به ذکر است در خصوص تایل های گچی و مقوایی ساده و سوراخ دار موجود در بازار، شرکت‌های سازنده منحنی‌هایی جذب صوتی این مواد را بر مبنای روش اتاق بازآوایی و با فاصله مشخصی از سطوح بطور مثال ۲۰ سانتی متر از سقف گزارش نموده‌اند که قابل مقایسه با نتایج مطالعه حاضر نیست. در این مطالعه با توجه به استفاده از لوله امپدانس بر مبنای روش تابع انتقال، مواد روی سطح سخت فولادی هولدر نگهدارنده نمونه قرار گرفته و در داخل لوله امپدانس قرار می‌گیرد. بنابراین ضرایب جذب گزارش شده در این مطالعه براساس قرار گیری مواد بر روی سطوح سخت مثل مصالح ساختمانی قابل تحلیل است.

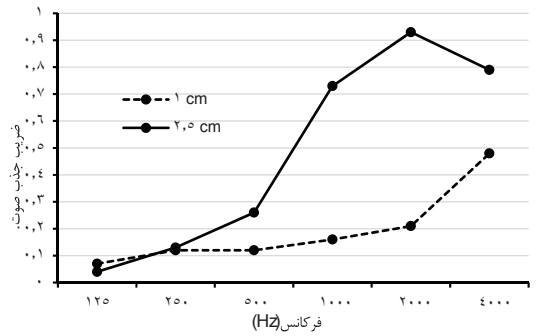
** لازم به ذکر است برای مواد جاذب صوت پایه شمیایی و معدنی نرم علاوه بر ضخامت دانسیته گزارش گردیده است.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-15]

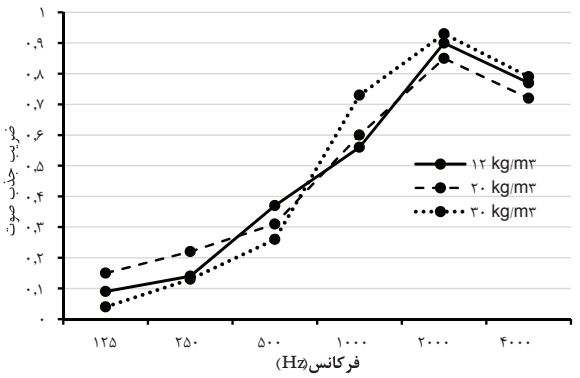
[DOI: 10.21859/johe-03031]



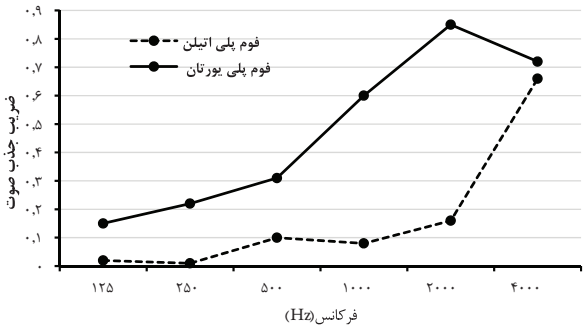
تصویر ۳: ضریب جذب فوم پلی یورتان با دانسیته $12\ kg/m^3$ بر مبنای ضخامت جاذب



تصویر ۴: ضریب جذب فوم پلی یورتان با دانسیته $30\ kg/m^3$ بر مبنای ضخامت جاذب



تصویر ۵: ضریب جذب فوم پلی یورتان با ضخامت ۲/۵ cm بر مبنای دانسیته جاذب



تصویر ۶: ضریب جذب فوم پلی یورتان در مقایسه با فوم پلی اتیلن با ضخامت ۲ cm و دانسیته $20\ kg/m^3$

بحث

هدف از انجام این پژوهش مطالعه خصوصیات آکوستیکی مواد جاذب صوتی رایج و تعیین ضرایب جذب مصالح جاذب صوت موجود در سطح کشور بود. در این مطالعه ضریب جذب مواد با استفاده از لوله‌های امپدانس و بر اساس روش تابع انتقال تعیین گردید. با تعیین مشخصات آکوستیکی مواد رایج، در مرحله پایانی بانک اطلاعاتی ملی آکوستیکی مواد تدوین گردید تا به عنوان یک منبع اطلاعاتی نظام یافته در طراحی‌ها و ارزیابی‌های آکوستیکی مورد استفاده قرار گیرد. درحال حاضر اندازه گیری ضریب جذب برخورد نرمال صوت مصالح معمولاً توسط سیستم مبتنی بر لولهٔ موج ایستا یا لوله امپدانس انجام می‌شود. استفاده از لوله امپدانس خود دارای دو روش فرعی برای اندازه گیری ضریب جذب صوتی مواد می‌باشد. مطالعات تاکید دارند روش تابع انتقال نسبت به روش نسبت موج ایستا از صحت بالاتری برخوردار است و انجام آزمایشات مواد از نظر مدت زمان آزمایش سریع‌تر انجام می‌شود، ولی نیاز به تجهیزات پیشرفته‌تری دارد [۱۳, ۱۴]. در مطالعه Suhanek در خصوص استفاده از لوله امپدانس جهت اندازه گیری ضریب جذب صوتی مواد مطابق با استاندارد ISO 10534 گزارش گردید که روش تابع انتقال برای اندازه گیری ضریب جذب نرمال نمونه‌های کوچک مواد بسیار سریع‌تر از روش استفاده از نسبت موج ایستاده است [۱۵]. در مطالعه فروهر و همکاران بر اساس مقایسه نمودار ضرایب جذب صوتی فوم استاندارد با نمودار واقعی اندازه‌گیری شده با روش لوله امپدانس نشان داده شد که نتایج لوله امپدانس دارای ضریب همبستگی ۰/۹۸ است [۹]. بااین حال نتایج مطالعه حاضر نشان داد در روش لوله امپدانس بر مبنای روش تابع انتقال محدودیت ضخامت جاذب وجود دارد و امکان تعیین ضریب جذب مواد در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز به دلیل ضخامت بیش از ۲/۵ سانتی متر وجود ندارد. از طرف دیگر، در این روش میزان ضریب جذب نرمال (زاویه صفر درجه) اندازه گیری می‌شود و محاسبه ضریب جذب صوتی تصادفی با مشکلات خاص خود همراه است. البته روش اتاق بازآوا از سطح اطمینان بالاتری جهت تعیین ضریب جذب صوت واقعی مواد برخوردار است که البته دارای محدودیت‌هایی از جمله نیاز به اتاق بازآوا و تجهیزات آن و همچنین اندازه بسیار بزرگ‌تر نمونه‌ها می‌باشد [۱۶]. نتایج ارائه شده در این مطالعه نشان داد با افزایش ضخامت در فوم‌های پایه شیمیایی، ضریب جذب صوتی افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش در فرکانس‌های متوسط و بالا مشاهده می‌گردد. در مطالعه Seddeq تأثیر خصوصیات فیزیکی مواد از جمله نوع فیبر، اندازه، ضخامت مواد، چگالی و تخلخل بر

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.21859/johe-03031]

رفتار جذب صوتی آن مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج نشان داد ضریب جذب صوتی با ضخامت مواد جاذب ارتباط دارد. همچنین نتایج نشان داد قرار دادن فضا بین جاذب و محل نصب بر افزایش ضریب جذب تأثیر مثبتی دارد [۱۷]. در این خصوص لازم به ذکر است، تایل های گچی موجود در بازار عمدتاً به عنوان سقف کاذب در محیط‌های اداری مورد استفاده قرار می‌گیرند که یک فضای خالی پشت جاذب تا سقف اصلی ایجاد می‌گردد. این فضا باعث افزایش قابل ملاحظه ضریب جذب صوتی تایل می‌گردد. در شناسنامه معرفی این مواد نیز منحنی جذب صوت بر اساس روش اتاق بازآوایی و برمبنای با فاصله از سقف تعیین گردیده است که با نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر قابل مقایسه نیست. بنابراین این می‌توان نتیجه گرفت قرار دادن فضا بین تایل های گچی و محل نصب بر افزایش ضریب جذب تأثیر بسزایی دارد. در مطالعه McGrory و همکاران در خصوص اندازه گیری ضریب جذب صوتی و بررسی ارتباط بین ضریب جذب صوتی مواد بر مبنای روش لوله امپدانس و روش اتاق بازآوا، ۲۸ نمونه مواد پلی استر مورد آزمایش قرار گرفت و همبستگی قابل قبولی بین ضریب جذب و خصوصیات فیزیکی مواد نشان داده شد. در نهایت مدلرگرسیونی جهت برآورد خصوصیات اکوستیکی مواد بر اساس خصوصیات فیزیکی ارائه گردید [۸]. نتایج مطالعه حاضر توانست با قابلیت اطمینان قابل قبولی خصوصیات جذب صوتی مواد و مصالح موجود در بازار کشور را شفاف نماید. در انتها انجام مطالعات تکمیلی تهیه شناسنامه اصلی آکوستیکی مواد و مصالح موجود در سطح کشور با استفاده از روش اتاق بازآوا از پیشنهادات این مطالعه است.

نتیجه گیری

با استفاده از نتایج مطالعه حاضر در ارتباط با خصوصیات جذب صوتی مواد، متخصصین آکوستیک می‌توانند ارزیابی قابل اطمینان تری از شرایط آکوستیکی محیط‌های اداری، مسکونی و صنعتی در فاز طراحی یا بهره برداری داشته باشند. مواد مورد مطالعه سطوح متنوعی از جذب صوتی را نشان دادند که زمینه ساز وجود گزینه‌های مختلف مواد جاذب برای افزایش کارایی روش جذب صوتی در کاهش صداهای زمینه در فضاهای مختلف می‌گردد. نتایج تأیید نمود ضخامت ماده جاذب به عنوان یک فاکتور تعیین کننده در کارایی جذب صوت به‌ویژه در خصوص جاذب‌های با کارایی بالا از جمله فوم‌های پایه شیمیایی است. علاوه بر این نتایج تأیید نمود ایجاد فضای بین تایل های گچی و محل نصب تأثیر بسزایی بر افزایش جذب صوتی این مواد دارد.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح تحقیقاتی مصوب به شماره ۹۳۱۲۱۸۶۸۴۹ استخراج گردیده است که توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان مورد حمایت قرار گرفته است.

REFERENCES

1. Concha-Barrientos M, Campbell-Lendrum D, Steenlan K. Occupational Noise. Protection of the Human Environment. 9. Geneva: World Health Organization; 2004.
2. Gholami T, Piran Veyseh P, Aliabadi M, Farhadian M. Study of noise pollution and its effects on subjective fatigue of staff in the governmental banks of Hamadan city. Iran Occup Health. 2014;11(5):65-73.
3. Aliabadi M, Golmohammadi R, Mansoorizadeh M. Objective approach for analysis of noise source characteristics and acoustic conditions in noisy computerized embroidery workrooms. Environ Monit Assess. 2014;186(3):1855-64. DOI: 10.1007/s10661-013-3499-2 PMID: 24214295
4. Bell L, Bell D. Industrial Noise Control. 2nd ed. New York: Marcel Dekkel; 1994.
5. Cox T, Antoni P. Acoustic absorbers and diffusers. Theory, design and application. 3rd ed. Britain: Spon Press; 2004.
6. Barron R. Industrial noise control and acoustics. New York: Marcel Dekker Inc; 2001.
7. ISO. Building Acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 6: Sound absorption in enclosed spaces. Geneva: International Standard Organization; 2003.
8. McGrory M, Daniel Castro Cirac D, Gaussen O, Cabrera D, editors. Sound absorption coefficient measurement: Re-examining the relationship between impedance tube and reverberant room methods. Acoustics- Fremantle; 2012 21- 23 November; Fremantle, Australia.
9. 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.
10. Golmohammadi R, Olyaie M, Samavat H, Motamedzade 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.
11. ISO. Acoustics - Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes. Part 1: Method using standing wave ratio. Geneva: International Standard Organization; 2001.
12. ISO. Acoustics - Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes. Part 2: Transfer-function method. Geneva: International Standard Organization; 2001.
13. Suhanek M, Jambrosic K, Domitrovic H. Student project of building an impedance tube. J Acoust Soc Am. 2008;123(5):3616.
14. Koruk H. An assessment of the performance of impedance tube method. Noise Control Eng J. 2014;62(4):264-74. DOI: 10.3397/1/376226
15. Suhanek M, Jambrosic K, Horvat M, editors. A comparison of two methods for measuring the sound absorption coefficient using impedance tubes. 50th International Symposium; 2008; Elmar: IEEE.
16. ISO. Acoustics Measurement of sound absorption in a reverberation room. Geneva: International Standard Organization; 2003.
17. Seddeq HS. Factors influencing acoustic performance of sound absorptive materials. Aust J Basic Appl Sci. 2009;3(4):4610-7.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.21859/johe-03031]

Journal of Occupational Hygiene Engineering **Original Article**

Volume 3, Issue 3

Study of Noise Absorption Characteristics for Current Building Materials Applied in Industrial and Office Rooms

Mohsen Aliabadi [1,*], Rostam Golmohammadi [2], Mohammad Oliae [3], Reza Shahidi [3]

[1] Assistant Professor, Department of Occupational Health, Center of Excellence for Occupational Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[2] Professor, Department of Occupational Health, Center of Excellence for Occupational Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[3] PhD Student, Department of Occupational Hygiene, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

** Corresponding author: Mohsen Aliabadi, Assistant Professor, Department of Occupational Health, Center of Excellence for Occupational Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. E-mail: Mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir*

DOI: 10.21859/johe-03032

Received: 20.01.2017

Accepted: 02.03.2017

Keywords:
Sound Absorption Coefficients
Acoustic Material
Building Material
Impedance Tube

How to Cite this Article:
Aliabadi M, Golmohammadi R, Oliae M, Shahidi R. Study of Noise Absorption Characteristics for Current Building Materials Applied in Industrial and Office Rooms. J Occup Hyg. 2016;3(3):32-39. DOI: 10.21859/johe-03031

© 2016 Hamedan University of Medical Sciences.

Abstract

Introduction: In Iran, there is a lack of reliable data on acoustic characteristics of building materials applied in offices and industrial rooms. This study aimed at investigating noise absorption characteristics for current building and acoustics materials and provided an acoustic database.

Methods: In this cross sectional study, a minimum of 60 building and acoustic materials were tested in the acoustics laboratory located at the school of health. Measuring the absorption coefficient was performed using the Impedance Tube (SW60, BSWA) along with 1/4" Microphone (MPA416) and power amplifier (PA50) in a frequency range from 125 to 6300 Hz, according to ISO10534-2. The data was analyzed using Excel 2013 software.

Results: The sound absorption coefficients for different types of materials were presented based on octave band. The results showed that an increase of sound absorptions with a rise in the thickness of the chemical foams. The highest absorptions were observed at medium and high frequencies. However, the impact of materials density on the increase of sound absorption was inconsiderable compared with materials thickness. Regarding sound absorption, the polyurethane foams have better performance than the polyethylene foams.

Conclusions: Based on the obtained acoustics database, acoustics professionals could conduct more reliable evaluation about acoustic condition of residential, industrial, and office rooms in design and operation phases. The results confirmed that material thickness is one of the main features affecting sound absorption, especially for high efficiency absorbents like chemical foam.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.21859/johe-03031]