تحلیل آکوستیکی یک اتاق نیمه صامت با چینش متقاطع جاذب الیافی مکعب مستطیل

پروین نصیری[1*] – محمد رضا منظم[2] – فاطمه زیوری دلاور[3]

nassiri@sina.tums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲

چکیده

مقدمه: طبق مطالعاتی که در سایر نقاط جهان درگذشته صورت گرفته است، به منظور ایجاد یک اتاق صامت یا نیمه صامت از جاذب‌های الیافی به شکل گوه های مخروطی شکل و متقاطع استفاده کرده‌اند که طراحی و اجرای آن هزینه بر و دشوار بوده است. این تحقیق با هدف طراحی و تحلیل آکوستیک تئوریکی اتاق نیمه صامت با استفاده از جاذب‌های الیافی به شکل مکعب مستطیل صورت گرفت.

روش کار: در این مطالعه که در اتاق نیمه صامت دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شد، زمان بازآوایی، سطح جذبی اتاق و سطح کلی اتاق در فرکانس قطع قبل و بعد از طراحی تعیین و با مقادیر هدف مقایسه گردید. توسط نرم افزارهای گرافیکی (AutoCAD, 3Ds Max)، چینش متقاطع جاذب‌های مورد نظر طراحی شد. زمان بازآوایی اتاق قبل از طراحی به روش ISO 3382:2000 تعیین گردید. زمان باز آوایی اتاق بعد از طراحی نیز از طریق معادله زمان بازآوایی (سابین) محاسبه شد و در طول پروژه برای محاسبه سطوح جذبی و کلی اتاق از معادله سابین استفاده گردید.

یافته ها: قبل از طراحی، مقدار زمان بازآوایی در فرکانس قطع ۲۵۰ Hz به روش ISO 3382:2000 ۰,۳(s) مشخص شد و سطح کلی اتاق ۲۴۷,۹۷ m^2 محاسبه گردید. با نرم افزار CAD حداقل ۲۵۳ مکعب با ابعاد۱۸×۵۰ سانتی متر تخمین زده شد. سطح جذب و سطح کلی اتاق بعد از طراحی به ترتیب ۴۶,۳۲ m^2 و ۹۲,۶۴ m^2 و زمان بازآوایی در فرکانس مذکور ۰,۰۷ ثانیه به‌دست آمد.

نتیجه گیری: طبق نتایج حاصله، می‌توان استنباط کرد که روش پیشنهادی استفاده از جاذب الیافی به شکل مکعب مستطیل با چینش متقاطع می تواند به عنوان یک روش قابل اطمینان در جهت کاهش زمان بازآوایی و کسب فرکانس قطع پایین به‌منظور ایجاد اتاق نیمه صامت و کارایی مناسب این اتاق باشد.

کلمات کلیدی: *جاذب الیافی، مکعب مستطیل شکل، چینش متقاطع، زمان بازآوایی*

۱- استاد، گروه بهداشت مهندسی حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۱- دانشیار، گروه بهداشت مهندسی حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۱- دانشجوی کارشناس ارشد، گروه بهداشت مهندسی حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]

مقدمه

احتمالاً هیچ جنبه ای از مهندسی آکوستیک به اندازه کنترل صدا در ساختمان، بیشتر با زندگی مردم مرتبط نبوده است (Lewis and Douglas,1993). از بیش از ۱۰۰ سال پیش، هم زمان با پیدایش معماری آکوستیک به وسیله سابین، تلاش زیادی در جهت مطالعه جذب سطوح صورت گرفته و این توسعه ادامه یافته و در دهه های اخیر بیشتر طرح‌های جدید جاذب‌ها و روش‌های جدید در جهت پیش بینی و اندازه گیری مواد جاذب شکل گرفته است. طراحی خوب معماری آکوستیک نیازمند حجم صحیح اتاق، شکل صحیح اتاق و طراحی صحیح سطح و کاربرد یک ترکیب مناسب و جایگزینی یک جاذب مناسب می‌باشد. بنابراین جاذب‌ها نقش مهمی در طراحی آکوستیک دارند که وقتی به طور مناسب استفاده می‌شود، شرایط آکوستیک بهتری ایجاد می‌شود (Trevor and peter, 2004). اتاق صامت (anechoic chamber) مکانی است که به منظور تضعیف صدا به‌کار می‌رود. در ابتدا از آن در زمینه آکوستیک (امواج صوتی) جهت به حداقل رساندن انعکاسات اتاق استفاده می‌شد، اما اخیراً علاوه بر آن برای امواج ماکروویو و فرکانس رادیویی (RF) به‌کار گرفته می‌شود. طراحی این اتاق‌ها به گونه ای است که مانع از ایجاد اکو (انعکاس صدا) می‌گردد و ابعاد آن‌ها بستگی به اندازه اشیایی دارد که قرار است در آنجا تست شوند و نیز محدوده فرکانسی سیگنال‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرند و می‌تواند به کوچکی یک کوپه قطار و یا به بزرگی آشیانه یک هواپیما باشد. اتاق صامت آکوستیکی عمدتاً به منظور فراهم کردن شرایط میدان آزاد (free field) جهت انجام آزمایشات استفاده می‌شود (Anechoic chamber, 2012).

میدان آزاد به میدان انتشاری اطلاق می‌شود که دارای سطوح انعکاسی نبوده یا سطوح محیط دارای جذب صوتی تقریباً کامل باشند که همواره در میدان آزاد انتشار صوت از قانون عکس مجذور فاصله پیروی می‌کند. این بدان معنی است که با دو برابر شدن فاصله از منبع در میدان آزاد فشار صوت به یک چهارم مقدار اولیه کاهش می‌یابد. در واقع به ازای دو برابر شدن فاصله، تراز فشار صوت ۶ دسی بل کاهش می‌یابد. اتاق‌های صامت محفظه‌هایی فاقد انعکاس با سطح جذب انرژی ۹۹ تا ۱۰۰ % یا با تراز فشار صوت منعکس یافته کمتر از ۰,۱ هستند (Zulfian and Lindawati, 2012).

اتاق‌های صامت کامل باعث می‌شودند تا در همه جهات انرژی جذب گردد با این حال اتاق‌های نیمه صامت نیز وجود دارند که از کف سخت و سفتی برخوردارند که آن مانند یک سطح کاری برای حمایت از اجسام سنگین مثل خودرو، ماشین ظرف شویی یا ماشین آلات صنعتی عمل می‌نماید. این کف بر روی واسطه های جاذب قرار دارد تا آن‌را از ارتعاشات ایزوله کنند. در اتاق‌های صامت کامل نیز از کف مشبک بر روی تایل های آکوستیک استفاده می‌شود (Anechoic chamber, 2012). هدف اصلی هر اتاق صامتی تأمین شرایط میدان آزاد صوتی از نقطه نظر میزان بازتاب است. طراحی آن‌ها باید عملی و متناسب با شرایط موجود باشد. فاکتورهایی مثل هزینه و راحتی ساخت نقش مهمی در تعیین کارایی اتاق صامت ایفا می‌نمایند. یک اتاق صامت ایده‌آل میدانی فاقد هر منبع صوتی و یا موانع منعکس کننده می‌باشد، اما دسترسی به چنین محیطی تقریباً غیر ممکن است. اتاق‌های صامت نوعاً با مواد جاذب از نوع فوم‌های متخلخل پوشیده می‌شوند طبق مطالعات مختلف کارایی اتاق

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]

نیمه صامت بر مبنای چهار روش می‌باشد که یکی از این روش‌ها که در بسیاری از مطالعات مورد بررسی قرار می‌گیرد، زمان بازآوایی (Reverberation Time) است (Dreyer, 2005). برآورد RT در اتاق، نزدیک به یک قرن است که مورد توجه مهندسین و کارشناسان صدا بوده است. زمانی است که تراز فشار صدا به میزان ۶۰ dB بعد از قطع منبع صدا کاهش می‌یابد (Nasiri, 2009). فاکتور مهم دیگر در طراحی اتاق صامت تعیین فرکانس قطع است که به ویژگی جاذب‌هایی بستگی دارد که بروی دیوار نصب می‌شود. فرکانسی که در آن افت جذب انرژی زیر ۹۹ % یا انعکاس فشار صوتی بیش از ۰,۱ باشد به عنوان Low-frequency Cut-off مطرح می‌باشد (Zulfian , 1977).

قدیمی‌ترین اتاق صامت تیغه ای جهان به نام Murray Hill anechoic chamber در سال ۱۹۴۰ ساخته شد که اندازه سطوح داخلی آن ۳۰ (ارتفاع) (۲۸) عرض × (۳۲) عمق فوت و سطوح خارجی آن از آجر و سیمان با ضخامت ۳ فوت بود. شکل داخلی اکثر اتاق‌های صامت از الگوی تیغه ای متناوب پیروی می‌کند که اولین بار در اتاق Murray Hill استفاده گردید (Koidan, 1977).

صحت اندازه گیری‌ها در اتاق صامت بستگی به این دارد که به چه میزان شرایط اتاق به شرایط میدان آزاد ایده آل نزدیک است (برقراری قانون عکس مجذور فاصله).برای این منظور دیوار، کف و سقف با تیغه های جاذب صوتی (sound absorbing wedges) پوشانده می‌شود. عملاً همیشه مقداری بازتاب در اتاق وجود دارد که می‌تواند در نتیجه استفاده اجتناب ناپذیر از عناصری مثل در، سیستم روشنایی، کف، لوازم و غیره باشد. بنابراین طراحی این عناصر باید به دقت و مبتنی بر دانش و تجربه صورت بگیرد تا میزان بازتاب را به حداقل ممکن برساند (Luykx, 2001). بر اساس سوابق مطالعاتی بین‌المللی موجود، تاکنون در بسیاری از موارد، از فوم‌های متخلخل برای ساخت اتاق صامت یا نیمه صامت استفاده گردیده است. به گونه ای که این جاذب‌ها به شکل گوه های مخروطی شکل و متقاطع طراحی شده‌اند. در حقیقت با این طراحی به کاهش زمان بازآوایی و پایین‌ترین فرکانس قطع مورد نظر رسیده‌اند. این تحقیق با هدف طراحی مجدد و تحلیل آکوستیک تئوریکی اتاق نیمه صامت آزمایشگاه آکوستیک دانشگاه علوم پزشکی تهران با استفاده از جاذب‌های الیافی به شکل مکعب مستطیل صورت گرفت.

روش کار

این طرح در آزمایشگاه عوامل فیزیکی علوم پزشکی تهران - لابراتوار آکوستیک به ابعاد ۲,۷۹×۲,۴۷×۳,۲۵ انجام شد و در ۲ فاز به اجرا در آمد که شامل مراحل زیر بود :

تحلیل آکوستیکی اتاق در فرکانس‌های اکتاوباند در شرایط قبل از طراحی

در این مرحله قبل از تحلیل آکوستیکی اتاق در شرایط قبل از طراحی باید مشخصات ساختاری اتاق تعیین می‌شد که طی این مرحله بررسی و جمع آوری اطلاعات اولیه مربوط به شرایط اتاق مانند طول و عرض و ارتفاع اتاق، جنس مواد جاذب فعلی، شکل و ابعاد جاذب (طول و عرض و ضخامت)، فاصله جاذب‌ها از یکدیگر از طریق اندازه گیری و مطالعه مستندات موجود صورت گرفت. در این مرحله تحلیل آکوستیکی اتاق در فرکانس‌های اکتاوباند در شرایط قبل از طراحی به منظور تعیین زمان بازآوایی و سطح جذبی و سطح کلی اتاق در فرکانس قطع تعیین شده انجام شد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]

محاسبه زمان بازآوایی با روش ISO3382:2000

در این مطالعه جهت تعیین زمان بازآوایی از استاندارد متد ISO 03382:200 استفاده شد. زمان بازآوایی توسط دستگاه اندازه‌گیری Hand-held Analyzer Type 2250 (B&K) و دستگاه پخش صدا Dodecahedron Loudspeaker Nor 276 در فرکانس‌های مختلف ۱/۳ اکتاوباند اندازه گیری شد. شکل ۱ ست اندازه گیری زمان بازآوایی به روش صدای منقطع را نشان می دهد.

محاسبه سطح جذبی در فرکانس اکتاوباند

از طریق معادله زمان بازآوایی (معادله ۱) سطح جذبی (A) در هر فرکانس به‌دست آمد و با قرار دادن سطح جذب حاصله از معادله و جای‌گذاری سطح کل اتاق قبل از طراحی در معادله ۲ ضریب جذب در هر فرکانس اکتاوباند محاسبه گردید (Lewis and Douglas , 1993).

معادله ۱

$$RT60 = \frac{0.16\,V}{S\alpha}$$

V= حجم کارگاه (m^2)

Rt =زمان بازآوایی (S)

A= سطح جذبی (m^2)

معادله ۲

$$A=S\alpha$$

S= سطح کلی اتاق (m^2)

α= ضریب جذب

مرحله طراحی و نقشه اجرایی آکوستیکی اتاق با نرم افزار AutoCAD و MAX 3D

قبل از کار با نرم افزار زمان بازآوایی مورد هدف، سطح جذب مورد هدف و سطح کلی مورد هدف در فرکانس معین شده به منظور طراحی با نرم افزار، تعیین گردید.

شکل ۱: ست اندازه گیری زمان بازآوایی به روش صدای منقطع

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]

تعیین زمان بازآوایی، سطح جذب، سطح کلی اتاق مورد هدف در فرکانس قطع معین شده

بعد از انتخاب جاذب متخلخل مورد نظر، ضریب جذب جاذب از طریق مشخصات در فرکانس قطع معین شده، مشخص گردید و با تعیین زمان بازآوایی مورد هدف، سطح کلی مورد هدف اتاق از طریق معادله ۹ و سطح جذبی مورد هدف از طریق معادله ۱۱ به‌دست آمد.

تعیین عمق مدنظر دیوار (فاصله جاذب از دیوار داخلی)

زمانی که موج رفت و برگشتی صدا از ضخامت دیوار در حال عبور باشد، حداقل عمق مورد نیاز دیوار که بیشترین انرژی صوتی را جذب می کند معادل λ/۴ خواهد بود .

به منظور طراحی نصب جاذب بر روی دیوار باید فاصله جاذب از دیوار داخلی تعیین می‌گردید که از طریق معادله ۳ ابتدا طول موج اتاق به‌دست آمد و از طریق معادله ۴ عمق دیوار تعیین گردید.

معادله ۳

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

λ = طول موج اتاق (m)

V = سرعت صوتی هوا که (۳۴۰ m/s) فرض شده است.

f = فرکانس صوتی تعیین شده (HZ)

معادله ۴

$$W = \frac{\lambda}{4}$$

W= عمق دیوار (m)

طراحی و چینش جاذب مکعب مستطیل با نرم افزار

پس از مشخص شدن عمق دیوار و ابعاد مکعب‌ها، با نرم افزار اتوکد چیدمان مکعب‌ها برروی تمام دیوارهای اتاق به جز کف صورت گرفت. در نظر گرفتن فاصله بین هر مکعب مهم بود و در تعیین تعداد مکعب‌ها نقش بسیار مهمی داشت. با در نظر گرفتن این فاصله، مکعب‌ها به صورت متقاطع طراحی گردیدند و تعداد مکعب‌ها برروی هر دیوار و سقف و در مشخص گردید.

محاسبه سطح کلی اتاق، سطح جذبی اتاق و زمان بازآوایی بعد از طراحی توسط نرم افزار

با محاسبه تعداد مکعب برروی هر دیوار و محاسبه سطح هر مکعب و محاسبه سطح فاصله مکعب‌ها از همدیگر، سطح کلی هر دیوار مشخص گردید و در نهایت با جمع سطح هر دیوار سطح کلی اتاق حساب شد. این در واقع همان سطح کلی اتاق بود که در طراحی محاسبه گردید.

یافته ها

مشخصات ساختاری اتاق قبل از طراحی

در این مرحله مشخصات ساختاری اتاق قبل از طراحی از روی اندازه گیری و مطالعه مستندات مشخص گردید. تصویر اتاق قبل از مداخله در شکل ۲ مشاهده می‌گردد. در این مرحله تحلیل آکوستیکی اتاق قبل از طراحی صورت گرفت تا زمان بازآوایی و فرکانس قطع اتاق تعیین گردد. ابعاد اتاق ۲,۷۹ متر طول و ۲,۴۷ متر عرض و ۳,۲۵ متر ارتفاع و بنابراین حجم اتاق ۲۲,۳۹ m^3 و سطح کلی اتاق ۲۴۷,۹۷ m^2 می‌باشد. ساختار دیوار داخلی سقف و دیوار های اتاق از آجر تشکیل شده است. برروی دیوار بیرونی سقف و دیوارها نئوپان‌هایی به صورت ۴×۴ به شکل مخروطی و متقاطع تعبیه شده‌اند که عمق هر مخروط cm

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]

۱۰ و طول پایه مخروط cm ۸ می‌باشد. بین دیوار آجری در داخل و نئوپان cm ۲ فیبر قرار گرفته است و هوا (Air gap) بین دیوارها وجود ندارد. کف اتاق از سیمان می‌باشد و هیچ نئوپانی برروی آن نصب نشده است.

دو در چوبی به ابعاد ۹۰× ۲,۱۰ که cm ۸ از هم فاصله دارند در اتاق وجود دارد. در داخلی در سمت دیوار داخلی نصب شده و به داخل اتاق و در خارجی در دیوار خارجی به بیرون اتاق بازمی شود. هیچ سیستم تهویه ای در اتاق تعبیه نشده است.

تعیین زمان بازآوایی به روش ISO 3382:2000

نتایج زمان بازآوایی به روش ISO 3382:2000 و نتایج سطح جذب و ضریب جذب بهدست آمده از طریق فرمول معادله ۱۰ درجدول ۱ بیان شده است.

تعیین سطح جذب (A) و سطح کلی (S) مورد هدف اتاق پیش از طراحی با نرم افزار

به منظور طراحی و تعیین تعداد جاذب‌های مکعب مستطیل برروی دیوارها، سقف و در با نرم افزار، سطح کلی مورد هدف اتاق تعیین گردید. بدین منظور زمان بازآوایی مورد هدف در فرکانس قطع ۲۵۰ هرتز، مشخص شد.

نتایج زمان بازآوایی مورد هدف

در این مطالعه درزمان محاسبات سطح جذبی اتاق و سطح کل اتاق قبل از نصب و چینش جاذب‌ها، مقدار زمان بازآوایی در فرکانس‌های اکتاوباند تا حد امکان پایین و نزدیک حالت ایده آل شرایط یک اتاق صامت گرفته شد که s ۰,۰۴ در فرکانس ۲۵۰ هرتز تعیین گردید. نتایج زمان‌های بازآوایی مورد هدف قبل از طراحی در جدول ۶ عنوان گردیده است.

شکل ۲: نمای اتاق قبل از طراحی

جدول ۱: نتایج زمان بازآوایی، ضریب جذب و سطح جذبی درفرکانس اکتاوباند به روش ISO 3385:2000

فرکانس(HZ)	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰
زمان بازآوایی بادستگاه (s)	۰,۸۵	۰,۳۳	۰,۲۹	۰,۳۸	۰,۳	۰,۲
ضریب جذب	۰,۰۸۸	۰,۲۲۶	۰,۲۵۷	۰,۱۹۷	۰,۲۵	۰,۳۷۳
سطح جذبی(m^2)	۴,۲۱	۱۰,۸۵	۱۲,۳۵	۹,۴۳	۱۱,۹	۱۷,۹۲

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]

تعیین ضریب جذب جاذب مورد نظر

به منظور تعیین میزان سطح مورد هدف، باید ضریب جذب جاذب مورد نظر تعیین می‌گردید. به همین علت با در نظر گرفتن مسایل در انتخاب یک جاذب، پشم سنگ به علت اینکه عایق صوتی مناسبی برای این اتاق می‌باشد و به دلیل اینکه هدف انتخاب جاذبی با دانسیته بالا بود پشم سنگ با دانسیته ۸۰ kg/m^3 انتخاب شد و طبق اطلاعات گرفته از شرکت پشم سنگ ایران که در جدول ۲ نشان داده شده است، ضریب جذب جاذب تعیین گردید.

تعیین سطح جذب مورد هدف اتاق (A) و سطح کلی مورد هدف اتاق (S)

بعد از انتخاب جاذب و تعیین ضریب جذب ۰,۶ در ضخامت ۵۰ mm و با تعیین ۰,۰۴ s به عنوان زمان بازآوایی مورد هدف در فرکانس قطع ۲۵۰ Hz و تعیین سطح جذبی مورد هدف طرح از طریق فرمول ۱، سطح مورد هدف اتاق از طریق معادله ۲ به‌دست آمد. نحوه محاسبه سطح جذب و سطح کلی اتاق در این فرکانس در زیر عنوان شده است.

نتایج سطح جذبی و سطح کلی مورد هدف اتاق در جدول ۳ بیان گردیده است.

$$R=\frac{0.16V}{A} \rightarrow A=\frac{0.16\times 22.39}{0.04}=89.587m^2$$

$$A=S\alpha \rightarrow S=\frac{A}{\alpha}=149.3m^2$$

جهت نصب جاذب برروی دیوار باید فاصله جاذب از دیوار داخلی تعیین می‌گردید تا مشخص شود یک جاذب مکعب مستطیل با چه ابعادی طراحی شود و با چه ابعادی روی دیوار قرار گیرد تا عمق مد نظر محاسبه تأمین گردد و همچنین ضخامت جاذب مورد نظر هم مشخص گردید. از طریق معادله ۳ ابتدا طول موج اتاق محاسبه شد.

$$\lambda=\frac{V}{\mathcal{F}} \rightarrow \lambda=\frac{340}{250}=1.36m$$

و از طریق معادله ۴ عمق دیوار تعیین گردید.

$$\text{عمق دیوار}=\frac{\lambda}{4}=\frac{1.36}{4}=0.34\text{m}=34\text{ cm}$$

جدول ۲: ضرایب جذب جاذب پشم شیشه در فرکانس اکتاوباند

ضرایب جذب صدا α برای برخورد امواج آکوستیکی در پشم سنگ با دانسیته $۸۰\ mg/m^3$	فرکانس (Hz)					
	ضخامت (mm)	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
	۵۰	۰,۲۷	۰,۶	۱,۱۷	۱,۱۰	۱,۰۴

جدول ۳: نتایج زمان بازآوایی و سطح جذب و سطح کلی مورد توقع اتاق قبل ازطراحی

فرکانس(HZ)	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰
زمان بازآوایی مورد توقع(s)	۰,۰۵	۰,۰۴	۰,۰۳	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۰۹
سطح جذبی مورد توقع (m^2)	۷۱,۶۷	۸۹,۵۸۷	۱۱۹,۴	۱۷۹,۲	۳۵۸	۳۹۸,۲
سطح کلی مورد توقع اتاق (m^2)	۱۴۳,۳	۱۷۹,۱۷	۲۳۸,۹	۳۵۸,۳	۷۱۷	۷۹۶,۳

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]

مرحله طراحی و نحوه چینش جاذب‌ها با نرم افزار AutoCAD و MAX 3D

مرحله طراحی جاذب های مکعب مستطیل با نرم افزار

با تعیین عمق مدنظر، ابعاد آجرهای مکعب مستطیل شکل و ضخامت جاذب مشخص گردید.

پس از مشخص شدن عمق دیوار و ابعاد مکعب‌ها، با نرم افزار اتوکد برروی هر دیوار و سقف و در اتاق که ابعاد مشخصی داشتند چیدمان مکعب‌ها صورت گرفت. نحوه چیدمان جاذب‌های مکعب مستطیل شکل برروی دیوارها و سقف و در با نرم افزار AutoCAD در شکل ۳ ترسیم شده است. به منظور افزایش سطح جذب و ایجاد فاصله هوا، ارتفاع اتاق از ۳,۲۵ سانتی متر به ۲,۶۰ سانتی‌متر تغییر یافت.

محاسبه سطح کلی اتاق و سطح جذب و زمان بازآوایی بعد از طراحی توسط نرم افزار

برای محاسبه سطح کلی اتاق لازم بود تعداد مکعب‌های دیوار، سقف و در محاسبه گردد و مساحت یک مکعب هم حساب شد و در نهایت با حاصل جمع مساحت اتاق قبل از طراحی و مساحت کلی تمامی مکعب‌های طراحی شده و مساحت فاصله بین مکعب مساحت کلی تمامی مکعب‌ها محاسبه گردید. طبق معادله ۱۱، سطح جذبی اتاق ۴۶,۳۲ m2 و زمان بازآوایی طبق فرمول ۹، ۰,۰۷ s حساب شد.

۵۱,۷ ۲ m^2 = مساحت مکعب‌های طراحی شده

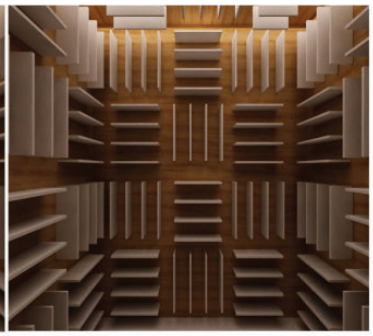
۲۴۰,۹۱ m^2 = مساحت اتاق با ارتفاع ۲,۶۰ متر

۹۲,۶۴ ۲ m^2= مساحت کلی اتاق بعد از طراحی

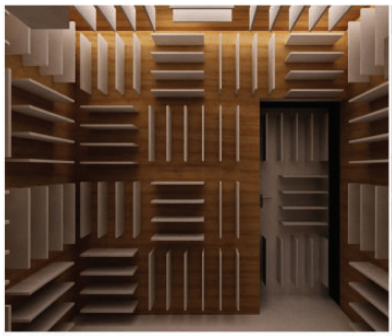
بحث و نتیجه گیری

طبق مطالعاتی که توسط جانسون در دانشگاه فلوریدا، Dreyer در دانشگاه میشیگان (Jansson, 2002)، Wang و همکارانش، Duanqi و همکارانش جهت بررسی اتاق صامت صورت گرفته است، از جاذب به شکل گوه های مخروطی به منظور افزایش میزان سطح جذبی و همچنین کاهش فرکانس قطع استفاده گردیده است. این دسته از طرح‌ها معمولاً پر هزینه و اجرای آن از نظر مهندسی دشوار می‌باشد. این طرح به دنبال کاهش زمان بازآوایی اتاقک با استفاده از تکنولوژی ساده تر جاذب‌های الیافی مکعب مستطیل شکل با استفاده از لایه بندی آکوستیکی برای اولین بار در جهان می‌باشد.

نمای جنوبی اتاق



نمای شرقی اتاق



نمای سقف اتاق

شکل ۳: نمای طراحی شده ی اتاق توسط نرم افزار

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]

صحت اندازه گیری‌ها در اتاق صامت بستگی به این دارد که چه میزان شرایط اتاق به شرایط میدان آزاد ایده آل نزدیک می‌باشد (برقراری قانون عکس مجذور فاصله) برای این منظور دیوار، کف و سقف با تیغه های جاذب صوتی (Sound Absorbtion Wedges) پوشانده می‌شود (Luykx , 2001). در این مطالعه به منظور ایجاد شرایط میدان آزاد و افزایش سطح جذبی توسط نرم افزار، دیوارها، سقف و در با جاذب‌های مکعب مستطیل پوشیده شد. این نرم افزار تقریباً تعداد مکعب‌های طراحی شده را ۲۵۸ تخمین زد. طبق مطالعات مختلف کارایی اتاق صامت بر مبنای روش زمان بازآوایی ارزیابی می‌شود. Dreyer به منظور افزایش کارایی اتاق صامت T60 =۰,۱ s در فرکانس ۱۰۰ هرتز را مورد هدف طراحی قرار داد، در یک اتاق صامت ایده آل، زمان بازآوایی صفر می‌باشد (Bell, 1972). در این مطالعه درزمان طراحی، مقدار زمان بازآوایی در فرکانس‌های اکتاوباند تا حد امکان پایین و نزدیک حالت ایده آل شرایط یک اتاق صامت که در واقع ۰,۰۴ ثانیه در فرکانس ۲۵۰ بود در نظر گرفته شد.

قبل از طراحی T60 = ۰,۳ s و بعد از طراحی T60=۰,۰۷ s محاسبه شد که این نشان‌دهنده کارایی خوب این روش در طراحی این اتاق است.

سطح جذب اتاق و سطح کلی اتاق قبل از طراحی ۲۱۵,۳۶ m^2 و ۲۴۷,۹۷ m^2 با روش تراز فشار صوت به‌دست آمد. این دو پارامتر مورد هدف طراحی به ترتیب ۸۹,۵۸ m^2 و ۲۱۷۹,۱۷ m^2 تعیین گردید و بعد از طراحی این مقادیر ۴۶,۳۲ m^2 و ۹۲,۶۴ m^2 به دست آمد.

طبق نتایج حاصله از مرحله بعد از طراحی، مقادیر این دو پارامتر به نسبت قبل از طراحی افزایش یافته است. شاید با توجه به اینکه در زمان طراحی مقدار زمان بازآوایی مورد هدف به صورت تجربی و نزدیک به مقدار زمان بازآوایی ایده‌آل یک اتاق صامت در نظر گرفته شد، بعد از طراحی این مقدار زمان بازآوایی نزدیک به مقدار مورد هدف قبل از طراحی شده بود. از نتایج به‌دست آمده می توان استباط کرد که روش پیشنهادی با توجه به هزینه کم و سادگی در طراحی و ساخت می‌تواند به عنوان یک روش مناسب در کارایی مناسب اتاق‌های صامت استفاده شود.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه تحت عنوان «بررسی کارایی عملکرد جاذب الیافی به شکل مکعب مستطیل با چینش متقاطع در کاهش زمان بازآوایی یک محیط بسته» در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۲ می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران (کد طرح: ۹۰-۰۴-۲۷-۱۶۲۷۹) اجرا شده است. بدین وسیله نویسندگان بر خود لازم می دانند از سرکار خانم مهندس سمیه فرهنگ دهقان به خاطر حمایت های بی دریغشان در طراحی و اجرای این پروژه و ویراستاری مقاله و سرکار خانم مهندس بنفشه کرمی برای زحمات بی شائبه در انجام امور نرم افزاری تقدیر به‌عمل آورند.

منابع

AnechoicchamberdefinitionAvailable on: http;// en.wikipedia.org/wiki/Anechoic _ chamber

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]

AnechoicchamberdefinitionAvailable on: http;// en.wikipedia.org/wiki/Anechoic _ chamber

BELL , E . C . ; L .N .Hurrey and N . C . MAZUMDER " THE STEADY- STATE EVALUATION OF SMALL ANECHOIC CHAMBERS" university of Brad ford , Electrical and Electronic Engineering , Brad ford , York ,(Great Britain).Received ;24 August , 1972.

Dreyer. Jangale, A.S. Rao, M.D. " Design and Analysis of a Hemi-Anechoic Chamber a Michigan Technological University", Minneapolis, Minnesota, NOISE-CON, October 17-19. (2005)

Jansson, D.; J. Mathew, J. P. Hubner, M. Sheplak, and L. Cattafesta "Design and Validation of an AeroacousticAnechoic Test Facility، University of Florida Gainesville, June 17-19, 2002

Koidan, W., Hruska, g. r., Acoustical properties of the National Bureau of Standards anechoic chamber"institute for basic standards, Washington,D.C.(1977)

Lewis H.BELL & Douglas H.BELL." industrial noise control fundamentals & Applications, 191- 479 (1993).

Luykx M.P.M, M.L.S. Vercammen. "Reflections in anechoic rooms", The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering The Hague, the Netherlands, August 27-30.(2001).

Trevor j.cox and peter D Antonio "Acoustic Absorbers & Diffusers" (2004).

Zulfian and Lindawati. "Assessment of Acoustic Performance of Anechoic Chamber at Acoustic Laboratory in Syiah Kuala University", International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS Vol:12(2012)

Zulfian and Lindawati." Assessment of Acoustic Performance of Anechoic Chamber at Acoustic Laboratory in Syiah Kuala University", International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS Vol:12(2012)

نصیری، پروین (۱۳۸۹) مبانی آکوستیک در ساختمان‌ها. ویرایش سوم، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]

Acoustic analysis of a semi-anechoic chamber with intersection layout of rectangular fibrous absorbents

P. Nassiri[1*]; M. R. Monazzam[2]; F. Zivary Delavar[3]

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

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

[3] MSc, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences. Tehran

Abstract

Introduction: The previous studies have used fibrous absorbents usually in the form of cone-shaped wedges for making anechoic and semi-anechoic chambers which their design and construction have been costly and difficult. The present study aimed to design a semi-anechoic chamber, using rectangular fibrous absorbents and also perform acoustic analysis for it.

Material and Method: In the present study, which was done at semi-anechoic chamber of the laboratory in Tehran University of Medical Sciences. The reverberation time, the total surface and the absorption surface of the chamber were determined, before and after the design and also they were compared with the target values. Intersection layout of the rectangular fibrous absorbents were design using graphic design software (AutoCAD and 3Ds Max). before design, the reverberation time were measured according to ISO 3382:2000. The reverberation time in redesigned chamber was also calculated through retention time equation (Sabine). Moreover, Sabin's formula was applied for determining the absorption surface and the total surface of the chamber, before and after the design.

Result: Before design, the reverberation time in the cut-off frequency of 250 Hz according to ISO 3382:2000 was determined 0.3 second. Moreover, the total chamber surface was 47.97 m2. CAD software estimated at least 253 rectangular absorbents with dimensions of 50×18 cm. After design, the absorption surface and the total chamber surface were obtained 46.32 m2 and92.64 m2, respectively and the reverberation time in the mentioned frequency was 0.07 (s).

Conclusion: According to the results, it can be concluded that the suggested intersection layout of rectangular fibrous absorbents can be used as a reliable method in order to reduce the reverberation time and to gain lower cut-off frequency for construct a semi anechoic chamber with the high efficiency.

Keywords: *Fibrous absorbent, Rectangular, Intersection layout, Reverberation time, Semi-anechoic*

* Corresponding Author Email: *nassiri@sina.tums.ac.ir*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-04]