

بسم الله الرحمن الرحيم

بررسی تأثیر فرکانس بر ضریب جذب صوت تخته

خرده چوب عایق صوت

امیر نوربخش، کاظم دوست‌حسینی، عبدالرحمن حسین‌زاده،
احمد جهان‌ثیری، مهدی فائزی‌پور، ابوالفضل کارگر فرد، حسین حسین‌خانی

چکیده

در استفاده از تخته خرده چوب عایق صوت در مکانهایی مانند سالنهای سخنرانی، آمفی‌تئاترها، استخرهای سربوشیده، سینماها، استودیوهای صوتی، پارتیشنهای اداری و... در نظر داشتن خواص صوتی بسیار اهمیت دارد. در این مطالعه، شناخت نفوذ امواج صوتی در تخته خرده چوب عایق و مقاومت این سواد در برابر نفوذ امواج صوتی (امپدانس صوتی) مورد بررسی قرار گرفته است. اندازه‌گیریها با استفاده از دستگاه جذب صوت با روش امواج ساکن مدل 4002 انجام گرفته است.

جذب صوت (α) و امپدانس صوتی (Z) در فرکانسهای ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز با تغییر عوامل مؤثر در ویژگیهای تخته خرده چوب عایقی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

از مسئولان محترم مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع جناب آقایان دکتر مصطفی جعفری و دکتر عادل جلیلی و شورای انتشارات تشکر و قدردانی می‌نمایم.
از استادان ارجمند جناب آقایان دکتر داود پارسا پور، دکتر قنبر ابراهیمی، دکتر سعید امیری و دکتر حسین رسائی قدردانی می‌شود.
از جناب آقایان دکتر امتیازیان و مهندس قزحید نصیحی استادان دانشکده صفا و سبحا،

ضخامت نیز اثر قابل توجهی بر میزان افزایش جذب صوت داشته است. به طوری که افزایش جذب صوت در ضخامت ۱۵ میلیمتر نخته خورده چوب عایقی نسبت به ضخامت ۱۰ میلیمتر نخته خورده چوب عایقی قابل شناسایی است.

نتایج تأثیر دانسیته نخته خورده چوب بر جذب صوت نشان داد که در دانسیته $0.35 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ و فرکانسهای مورد مطالعه از حداکثر جذب صوت بهره‌مند بوده است. سطح نخته خورده چوب عایقی در دو طرح بدون سوراخ و سوراخدار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهند که در استفاده از نخته خورده چوب عایقی سوراخدار به شکل ریز و درشت و با فواصل منظم، صوت مناسب‌تر از نوع بدون سوراخ جذب خواهد شد.

جذب صوت توسط نخته خورده چوب عایقی در فرکانسهای مختلف متفاوت بوده که این اختلاف به مقدار انرژی صوتی مربوط است که در فرکانسهای مورد بررسی به سطح نمونه‌های آزمودنی برخورد می‌کند. بدین لحاظ، مکانیسم جذب صوت در چوب و سایر مواد مشابه را می‌توان به صورت زیر توجیه کرد: انرژی صوتی که در فرکانسهای مختلف به سطح نخته خورده چوب عایقی برخورد کرده، طول موجهای متفاوتی داشته که در فرکانس ۱۲۵ هرتز تعداد شکم و گره‌های بوجود آمده کمتر و در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز تعداد بیشتری شکم و گره تولید شده است، که با توان کم و زیاد به سطح نمونه‌های آزمودنی برخورد می‌کنند. در هنگام برخورد این امواج به سطح نمونه آزمودنی قسمتی از امواج جذب و قسمتی منعکس می‌شوند. این فرایند به جنس ماده و شرایط برخورد موج بستگی دارد. در فرکانسهای کمتر از ۱۰۰۰ هرتز قسمت جذب شده به صورت اتلاف انرژی صوتی است و در نتیجه قسمت کمی از انرژی صوتی به صورت ارتعاشهای مولکولی در خلل و فرج و سایر فضاهای نخته خورده چوب عایقی جذب می‌شود. در فرکانس ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز اتلاف انرژی صوتی با تأخیر صورت گرفته و در نتیجه قسمت بیشتری از انرژی صوتی به صورت ارتعاشهای مولکولی در فضاهای آزاد نخته خورده چوب عایقی جذب می‌شود. این انرژی صوتی در دامنه فرکانس ۱۲۵ تا ۲۰۰۰ هرتز به شکلی از انرژی گرمایی در می‌آید و به تدریج به سمت تعادل گرایش پیدا می‌کند. مقدار انرژی گرمایی بسیار جزئی و قابل اضماعش است. این

عوامل متغیر در ساخت نخته خورده چوب عایقی شامل گونه صنوبر (مخلوط کلن‌های موفق) و ضایعات محصولات کشاورزی بوده که در این مطالعه ضایعات نخل (Data palm) مورد نظر بوده است. دانسیته نخته خورده چوب عایقی در سه دامنه $0.25 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ ، $0.40 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ و $0.75 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ و ضخامت نخته ۱۰ و ۱۵ میلیمتر انتخاب شده و طرح سطح نخته خورده چوب عایقی با توجه به استاندارد ASTM-E 1284-90 از دو طرح ساده (بدون سوراخ) و دارای سوراخ‌های ریز و درشت و به فواصل مشخص انتخاب شدند.

بررسیها در پنج دامنه فرکانس انجام گرفت که نتایج آن با استفاده از طرح فاکتوریل یا بلوکهای کامل تصادفی و آزمون دانکن (DMRT) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته‌اند. بررسیها نشان می‌دهند که نخته خورده چوب عایق از چوب صنوبر حداکثر میزان جذب صوتی را داشته و نخته خورده چوب عایقی ساخته شده از ضایعات نخل جذب صوت مناسب و امیدوار صوتی زیادی داشته است. ضریب کاهش صوت (NRC) که میانگین چهار فرکانس اصلی ۱۲۵، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز برای نخته خورده چوب عایقی از چوب صنوبر حداکثر بوده است.

دکتر غلامعلی لایقانی و مهندس همای کارشناسان مؤسسه تحقیقات مسکن، خاتم دکتر ایرونی رئیس گروه دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف به جهت همکاریهای علمی بی‌نهایت سپاسگزارم.

همچنین از همکاران عزیز که در تمام مدت انجام این بررسی به نحوی با اینجانب همکاری کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌شود:

آقایان مهندس گلپایانی، مهندس قنبریان، مهندس سپیده‌دم، مهندس کامیار صالحی، مهندس عرب‌نبار و مهندس رضائیان، کارشناسان بخش تحقیقات علوم چوب و کاغذ مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع و آقایان فروزین‌فر، فلاح‌دوست، محسنی، کرمی و طحانی تکنسینهای بخش تحقیقات علوم چوب و کاغذ مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

- آقای مهندس یوسفی کارشناس بخش جنگل شرکت نگاه چوب،

- آقایان دکتر هاشمی، دکتر حسینی، مهندس فامسیان، مهندس شاکری، مهندس سرزاییان، مهندس دهقانی استادان ارجمند دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گرگان

- آقای دکتر مجلسی سرپرست گارخانه چوب سورباتکو اصلهان تشکر و قدردانی

می‌نمایم.

فرصتم از کلیه عزیزانی که در انجام این تحقیق به نحوی همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی

به صورت عمودی و افقی در طراحی ساختمانها ملاحظه می‌شوند. صحنائی از مواد با دانسیته پایین و سطوح خلی و فرج‌دار یا شکاف‌دار که مانع عبور صوت و جذب کننده هستند برای این منظور انتخاب می‌شوند. بعد سیستم‌هایی توسعه یافته‌اند که برای سرویس داخلی، دیوارها و سقف مناسب هستند، چراکه مسطح بوده و نیازی به رنگ زدن ندارند.

در چهارچوب خانه‌ها براساس مستقیم تیر و ستونها صفحات پشم - چوب ضخیم جهت پر کردن فضای میان اعضای چهارچوب استفاده می‌شوند. عبور صوت از دیوار، کف یا سقف ساختمان و کاهش آن از جمله عاملی است که می‌بایستی در طراحی و ساخت ساختمان مد نظر قرار گیرد. کدهای ساختمانی ممکن است دارای حداقل کاهش صوت و عناصر مربوطه‌شان باشند. صفحات تولید شده در سیستم‌های دیوار می‌توانند هر دو نوع صوت تولید شده در هوا و بوجود آمده را کاهش دهند.

وقتی که از چهارچوب تکی استفاده می‌شود صوت تولید شده در هوا در اتاق یا ارتعاشهای منظم از سطوح یک صفحه از میان حفره‌های دیوار با ضریبهای فشار هوا و به‌طور غیرمستقیم از سراسر چهارچوب عبور می‌کنند. این اثر ضربه زدن موثقی که به‌طور طبیعی از مواد ضربه گیر (میرا) به مانند صفحات عایق صوتی درون این حفره‌ها استفاده می‌شود باعث کاهش ضریبهای هوا می‌شود.

مجموعه‌های مسکونی چندین طبقه، مسأله انتقال ضربه پارالیت- صدا از سراسر کف مهم است. سیستم‌های کف مواج (فلوئینگ) که برای این منظور استفاده میشود در حال توسعه است. در این سیستم لایه‌ای از تخته خرده چوب با دانسیته پایین جهت صفحات ایزوله بین طبقات زیر کف استفاده می‌شود.

مسئولیت مهندس اکوستیک طراحی اتاقها یا سیستمهاست، به نحوی که فرکانسها یا صداهای ناخواسته جدا شوند و رسانایی انتقال صوتهای دیگر برقرار بمانند. به عنوان مثال، یک تالار باید طوری طراحی شود که صدای خارجی بسیار کمی از دیوارها عبور کند، در حالی که متاخمان و ادوات خارجی باید انتقال واضح صوت از روی صفحه را امکان‌پذیر کنند. دیوارها باید عایق صوتی خوب باشند و سطح‌های داخلی باید طوری طراحی شوند که بدون تضعیف ناخواسته صوت از صحنه، انعکاس‌های ناخواسته

مکانیسم باعث جذب صوت در تخته خرده چوب عایقی شده و از انعکاس و عبور صوت در این مواد جلوگیری می‌کند.

۱- مقدمه

استفاده از چوب به عنوان عایق‌های حرارتی، الکتریکی و صوتی و نیز کاهش دهنده شدت حرارت، ساخت افزاینده‌های مختلف الکتریکی و پوشش دیوارها جهت جلوگیری از انتقال صوت و کاهش شدت صوت و خواص اکوستیک جهت پوشش مبانی دیوارها، در سالتهای ابزار آلات دقیق، پوشش سقف استخرهای پوشیده و استودیوهای صوتی و ... به‌طور گسترده در کشورهای پیشرفته در حال توسعه است.

شناخت خواص صوتی نظیر جذب صوت و امپدانس صوتی و ضریب ثابت صوتی در چوب و فرآورده‌های مرکب آن سبب شده است که چوب به عنوان تنها ماده بی‌رقیب در عایق‌کاری دیوارها و سقف ساختمانهای مسکونی چندین طبقه، هتلها، فروشگاههای زنجیره‌ای بزرگ، سالتهای آمفی تئاتر، استودیوهای صوتی، پارکین‌های اداری، تالارهای سخنرانی، سینماها و غیره مورد استفاده قرار گیرد.

در ایران ماده اولیه ساخت این نوع فرآورده‌های صوموا از مواد آلک، پلاستیکی و معدنی است که به علت مشکلات ناشی از کمبود ماده اولیه، گرانی، عدم کیفیت مناسب و صنعتی و اثبات سرطان‌زایی مواد شیمیایی نظیر آزیست و پشمهای معدنی، ساخت این فرآورده‌ها با تردید همراه است. در ضمن به علت عدم شناخت مواد چوبی توسط تولید کنندگان این محصولات باعث توجه کمتر به این ماده شده است. در حالی که در کشورهای پیشرفته استفاده از مواد چوبی و لیگنوسلولزی و جهت تولید این محصولات در درجه اول اهمیت قرار دارد. بنابراین ضروری به نظر می‌رسد که به علت مزایای فوق مواد اولیه چوبی و لیگنوسلولزی مورد توجه قرار گیرد.

در طراحی ساختمانهای چوبی رعایت مسائل اکوستیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با تشخیص انعکاس صوت داخل اتاق بی‌صدایی و خستگی صوتی گاهی می‌تواند، و نیز کاهش انعکاس صوت داخل یک اتاق و یا انتقال آن از یک اتاق به اتاق دیگر

۳- سابقه تحقیق

در ساختمانها و معماری، خواص صوتی بسیار مهم است و می‌بایستی در طراحی ساختمانها دقت لازم مبذول شود. صوت در ساختمانها با سه مکانیسم (۱) پخش منبع صدا در فضاهای آرام (۲) کاهش انتقال در عناصر ساختمانی (۳) جذب صدا به درون یک فضا، کنترل می‌شود.

مسئله جذب صوت در تخته‌های عایق صوتی کاملاً از چوب متمایز می‌باشد. مواد عایق صوتی خالی و فرج‌دار نظیر فبرهای عایق صوت، تخته پشم چوب، صفحات اکوستیک، تخته خرده چوب عایقی، تخته فیر سخت، تخته لایه و پانلهای ساندویچی مخصوص این خواص را دارند.

چون در ساخت این فرآورده‌ها از مواد شیمیایی، چسب و سایر مواد افزودنی استفاده می‌شود بنابراین بررسی خواص صوتی آنها مانند چوب مناسب نیست و خصوصیات جذب صوت در این فرآورده‌ها به مواد تشکیل دهنده آنها بستگی دارد. ساباین^(۱) (۱۹۲۷) عنوان می‌کند که جذب صوت در ساختمانها بستگی مستقیم به فرکانس دارد. وی عنوان می‌کند که مسئله جذب صوت در عایقهای صوتی متمایز از چوب است. همچنین مکانیسم انتقال امواج صوتی را عنوان می‌کند که اصطکاک میان مولکولهای هوا و تحلیلل دیواره‌ها باعث افزایش گرما می‌شود که البته مقدار آن بسیار جزئی است.

مایر^(۲) (۱۹۳۱) رابطه بین جذب صوت و فرکانس را برای تخته لایه به ضخامت ۳۰ میلیمتر و به ابعاد $1/52 \times 1/21$ متر مطرح می‌سازد. وی عنوان می‌کند که در دامنه فرکانس بین ۲۰۹۶ تا ۸ هرتز میزان جذب صوت تغییراتی دارد و حداکثر میزان جذب صوت را در فرکانس ۱۰۲۴ هرتز می‌داند. حداقل جذب صوت در این مطالعه در فرکانس ۲۰۴۸ هرتز برای این فرآورده بدست آمده است.

کلن^(۳) (۱۹۵۱) دو نوع فرآورده تخته فبر عایق و تخته پشم چوب را مورد بررسی قرار می‌دهد. نامبرده دریافت که تخته فبرهای عایق صوتی در فرکانسهای بالاتر، جذب صوت بهتری دارند. همچنین عنوان می‌کند که با افزایش ضخامت تخته این ضریب زیاد

حذف شوند.

هنگامی که پرتو اکوستیکی به دیواری برخورد می‌نماید مقداری از آن منعکس و مقداری جذب می‌شود. مفهوم جذب انرژی توسط دیوار از بین رفتن و تبدیل شدن آن به گرماست. از این رو ضریب بازتاب (α) را می‌توان به سهولت تفسیر کرد: ضریب بازتاب عبارت است از نسبت دامنه موج بازتاب به دامنه موج تابیده شده است.

استفاده از مواد جذب کننده به صورت خام اشکالانی از جمله عدم امکان استفاده از رنگ دلخواه و شکل نظافت دیوارها و نظایر آن را بوجود می‌آورد. از این رو به غیر از آزمایشگاههای اکوستیکی و استودیوهای تلویزیون و پشت پرده‌های سینماها و... در بقیه موارد از مواد جذب کننده روکش دار استفاده می‌شود. روکش آنها را می‌توان از هر نوع ماده سخت و دلخواهی انتخاب نمود، به شرط آن که بر روی سطح آن، تعداد کافی سوراخ یا شیار وجود داشته باشد. در استخرهای سرپوشیده که رطوبت و تأثیرات ناگوار آب کلردار مانع از بکار بردن مصالح عادی جذب کننده است، برای تخفیف و کم کردن صدای آب صفحات مشبک آلومینیومی نصب می‌کنند که در پشت آن مواد جذب کننده‌ای مانند پشم شیشه و آزیست و نظایر آن وجود دارد.

۲- هدف

به لحاظ اهمیت چوب در مصارف ساختمانی و کاربرد این ماده و فرآورده‌های آن در مصارف ویژه‌ای از جمله خواص جذب صوت، به اطلاعاتی از عکس العمل نفوذ امواج صوتی در این ماده نیاز است. بنابراین هدف این بررسی استفاده از تخته خرده چوب عایق صوت در عناصر ساختمانی یا تغییرات گونه، دانسته تخته، ضخامت و طرح سطح تخته است. بعد تأثیر نفوذ امواج صوتی در تخته خرده چوب عایقی مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت.

چهارچوب سبک (light-frame) در ساختمانهای چوبی رضایت بخشی است.

هات چین سون^(۱۱) (۱۹۷۸) اثر جذب صوت را در تخته خرده چوب ساخته شده با خاک آره کارخانه‌ها مورد بررسی قرار داد. وی با استفاده از ضرایب گارخانه‌های چوب‌بری با چسب آوره - فرم آلدئید (UF) صفحاتی را که ضریب جذب خوبی داشتند تولید کرد. اما تمام مقایسه‌ها با تخته ایزوله صوتی تجاری در دامنه فرکانس ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز را مساعدتر می‌داند. ابعاد ذرات، دانسیته و درصید رطوبت خاک آره با کیفیت نهایی آن مؤثر بود و می‌بایست در طی فرآیند تولید در مورد آن کاملاً دقت شود. مقدار بهینه جذب و مقاومت در دانسیته $300-380 \text{ kg/m}^3$ بدست آمده بود.

دانلیپ^(۱۲) (۱۹۸۰) تخته خرده چوب را به وسیله روشهای صوتی مورد آزمایش قرار داد. او سرعتهای صوت را به طور گسترده در تخته خرده چوبها با اندازه گیری زمان عبور از میان توده های موجی در تخته ها تعیین کرد. سرعتهای اندازه گیری شده در طول تخته به خواص لایه سطحی تخته ها بستگی داشت و به طور مشخص با MOE و MOR همبستگی نشان داد. سرعتهای اندازه گیری شده با طرح تخته ارتباط مستقیم داشته و همبستگی مناسبی با خواص مکانیکی نداشته و رابطه مشخصی با چسبندگی داخلی (IB) وجود داشت.

بیال^(۱۳) (۱۹۸۶) اثر درصد رزین و دانسیته را بر پخش صوت تخته خرده چوب در طی آزمایش چسبندگی داخلی مورد اندازه گیری قرار می دهد. وی عنوان می کند که تخته خرده چوب ساخته شده با دامنه دانسیته و درصد رزین مشخص، دارای رابطه ای وسیع بین IB و پخش صوتی (AE) داشته است.

سوزوکی^(۱۴) و همکاران (۱۹۸۶) رابطه بین اکت انتقال صوت در صفحات چوبی را در فرکانسهای کم و دوره مقاومتی مطرح می کنند. آنان اکت انتقال در برگشت صوت را در ۵ نوع صفحه اندازه گیری کردند. انحرافات از قانون برخورد جرم تصادفی ۲۰-۳۰ درصد در فرکانسهای متوسط تا پایین اندازه گیری شده بود. مقاومت ترکیبهای امپدانس مکانیکی صفحه، تابعی از مقاومت R بیان شده است که باعث این انحرافات می شود.

می شود که فقط تا ضخامت ۳۰ میلیمتری اتفاق می افتد. تخته پشم چوب واحد غلغل و فرج سطحی زیاد است ضریب جذب صوتی بالایی دارد ولی حساسیت آن به فرکانس امواج صوتی بیشتر است.

کنورلی^(۱۵) (۱۹۵۱) میزان ضریب جذب صوت را در تخته لایه گونه ۱۴ بررسی کرده است. وی تخته لایه های سه لایه به ضخامت ۶/۴ میلیمتر را مورد استفاده قرار داد و نتیجه گرفت که ضریب جذب زیاد در فرکانسهای پایین (۱۲۸ و ۲۵۶ هرتز) است و بیان کرد استفاده از یک نمد Kapok در پشت نمونه های آزمودنی می تواند در افزایش ضریب جذب صوت مؤثر باشد.

لیدف^(۱۶) (۱۹۷۱) اثر عوامل تکنولوژیکی را بر خواص مکانیکی، فیزیکی و صوتی تخته خرده چوب بررسی کرده است. وی بیان می کند که دانسیته، ضخامت و درصید چسب بر خواص صوتی مؤثر هستند. او معادلات رگرسیونی را جهت توضیح این مطالب ارائه می کند. همچنین تاکاهاشی^(۱۷) و همکاران (۱۹۷۳) ضریب جذب صوت و اکت انتقال صوت را در صفحات چوبی مورد بررسی قرار دادند. این آزمایشها در اتاق آزمایش برگشت صدا (Reverberation chamber) به طور تجربی صورت گرفت. آنان عنوان می کنند که ضریب جذب صوت به شرایط سطح صفحات بستگی داشته و در میان تمام صفحات مورد مطالعه، صفحات مسطح با سوراخهای درشت، شکافدار یا خالی شده میزان جذب صوت زیادتری دارند. وقتی که صفحات (تخته خرده چوب، تخته لایه یا مغزی تخته خرده چوب، تخته فیر سخت و تخته ایزوله صوتی چسب خورده، کاغذ چاپ) با مسطح نرم استفاده شدند، رابطه کمی با رفتار ارتعاشهای صفحات داشتند. مواد اکوستیکی با خواص جذب صوت که شامل تخته ایزوله صوتی چسب خورده بدون سوراخ و یا سوراخ و تخته فیر معدلی در فرکانسهای پایین هستند، ولی این مسطح در فرکانسهای بالاتر ضریب جذب صوت بیشتری دارند. اکت انتقال صوت برای این مواد با افزایش فرکانس صوت به سرعت افزایش یافته است. شواهد در این بررسی نشان می دهند که برای یک وزن مشخص، مصالح ساختمانی چوبی به طور مؤثرتری پارازیت صدا را کاهش می دهند. پس پیشنهاد شده است که استفاده از یک

۴- مواد و روشها

۴-۱- دستگاههای اندازه گیری ضریب جذب صوت:

دستگاه امواج ساکن مدل 4002 جهت تعیین ضرایب جذب صوت در مواد با استفاده از امواج ساکن طراحی شده است. امتیاز این دستگاه، کوچکی آن است که به نمونه‌هایی در دو اندازه نیاز دارد و اندازه‌گیریها به سرعت و سادگی قابل انجام و محاسبه هستند.

دستگاه جذب صوتی دو لوله اندازه‌گیری دارد. ابعاد بزرگتر با قطر داخلی حدود ۱۰ سانتیمتر و ابعاد کوچکتر با قطر داخلی حدود ۳ سانتیمتر می‌باشند. یک ردیف از نگهدارنده‌ها برای نمونه آزمودنی در هر لوله تعبیه شده است. این نگهدارنده‌ها در فواصل ۲/۵ و ۵ سانتیمتر قرار دارند و تا عمق ۱/۲ آن می‌توانند متغیر باشند.

دستگاه امواج ساکن به یک ژنراتور Sine - Random و آمپلی فایر اندازه‌گیری متصل و نصب می‌شود. به خصوص برای سیگنال، Loud speaker و Best فرکانس اسپیکاتور از نوع 1022 یا ژنراتور Sine - Random نوع 1024 مد نظر قرار می‌گیرد. هر چند خطای کم سیگنال ژنراتور Sine با خروجی امپدانس ۶ اهم می‌تواند با این دستگاه مورد استفاده قرار گیرد. ولتاژ میکروفون باید با یک فرکانس انتخاب شده تقویت کننده به گاهی اثر پازاریت اهمی و هارمونیکهای بالاتر تقویت شود. تولید حتماً با بلندگو صورت می‌گیرد. برای این منظور یک تجزیه کننده Bruel & Kjaer مناسب است. به ویژه تجزیه کننده فرکانس نوع 2107 مناسب است که تن را به طور پیوسته در دامنه فرکانس بین ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز با اثر مختلف پهنای باند پایین تا ۶ درصد مرکز فرکانس تنظیم می‌کند.

نمونه آزمودنی کاملاً گرد در موقعیت مناسب نگهدارنده قرار می‌گیرد. لازم است مواد خنثی و فرج‌دار به نحوی بریده شوند که دقیقاً به اندازه فضای داخل نگهدارنده باشند. به علاوه مواد مورد آزمون باید به کمک یک صفحه پوشش دهنده سخت جهت نگهداری محکم شود تا بتواند صفحه نرم پستی داخل این فضا را محکم کند. بدین طریق صفحه جلویی سخت و ثابت می‌شود. بست نگهدارنده باید محکم شود تا پیچ از لرزش انتهای نگهدارنده جلوگیری گردد.

سطوح R برای تخته لایه با تخته فیبر سخت ۶ و ۷، برای تخته خرده چوب ۵/۵، برای چوب ماسپو ۵ و برای تخته ایزوله صوتی ۲/۵ بود. رابطه‌ای میان خواص ارتعاشی صفحات پیدا شده بود که R به طور محدود با مدول افت به طور دو بعدی و ارتعاشهای تقویت شده صفحات همبستگی نشان داده است.

نیمز^(۱) و هانسل^(۲) (۱۹۸۸) عوامل مهم و مؤثر بر پخش صوت در چوب و مواد مرکب چوبی را تعیین کردند. پخش صوتی (AE) در درون چوب کاج Scots، راش اروپا، درون چوب بلوط، تخته خرده چوب، MDF و تخته فیبر سخت پارگذاری در شرایط مختلف رطوبت اندازه‌گیری شده بودند. آنان اعلام می‌دارند که AE به ماده اولیه به ویژه درصد رطوبت آن بستگی دارد که با افزایش درصد رطوبت سبب کاهش انتقال امواج صوتی می‌شود. آنان حساب کردند که حتی اختلاف رطوبت در نمونه‌های کوچک نیز باید در آزمایش AE برآورد شود.

نیمز^(۳) و پلوتنیکوف^(۴) (۱۹۸۸) اثر متغیرهای ساختمانی را بر سرعت انتشار امواج ماوراء صوت در چوب و تخته خرده چوب مورد بررسی قرار دادند. آنان مطالعه خود را برای انتشار امواج صوتی در چوب گونه‌های کاج جنگلی، بلوط قمرز، راش اروپا در جهت الیاف و تخته خرده چوب ۱۶ میلیتری و تخته خرده چوب دست ساز آزمایشگاهی از گونه‌های مختلف در مقاطع گوناگون ساختمانی را مورد بحث قرار دادند. نتایج نشان داد که سرعت انتشار صوت در چوب وابسته به گونه چوبی، جهت الیاف و ساختمان سلولی می‌باشد.

۴-۲- اندازه گیری امپدانس صوتی:

برای اندازه گیری امپدانس صوتی به شرح زیر اقدام شد:

۱- طول کاوشگر میکروفون را تا تماس به سطح نمونه آزمودنی تنظیم می کنیم (وقتی که میز چرخدار میکروفون در موقعیت صفر از بردار Track قرار دارد).

۲- ضریب جذب صوت (α) طبق روش موجود اندازه گیری می شود.

۳- اندازه گیری فاصله بین نمونه آزمودنی و اولین حداقل فشار صوت تا شناختن این مسافت که آن را y_1 می نامیم.

۴- اندازه گیری فاصله بین دو حداقل فشار صوت تا نمونه آزمودنی که آنرا $y_2 - y_1$ می نامیم.

شماره ۵ به توجه به اندازه گیریهای انجام شده، خواص صوتی برای اندازه گیری امپدانس صوتی در جدول شماره ۱ ارایه شده است.

$$\Delta = \left(\frac{y_2}{y_2 - y_1} - 1 \right) \pi \quad \text{و} \quad r = \sqrt{1 - \alpha}$$

ژنراتور Sine - Random (با خروجی امپدانس ۶ اهم) به ترمینال بلندگو متصل می شود. خروجی از سوراخ میکروفون از دستگاه امواج ساکن به وسیله ورودی DIRECT اسپکترومتر فرکانس گرفته می شود. اسپلاتور و تجزیه کننده با یک سطح خروجی مناسب به میزان مساوی تنظیم می شود. تجزیه کننده با تقبیل دهنده اصلی خود و Gain control آن که مشخص و منظم می شود می تواند با یک موقعیت uncal روشن خاموش شود.

مراحل انجام آزمایش جذب صوت به شرح زیر است:

۱- ابتدا نمونه های آزمودنی به قطر ۱۰ یا ۳ سانتیمتر را در درون لوله مربوطه قرار داده تا به طور ثابت در آن قرار گیرد. در اینجا سعی می شود که نمونه های کوچک با پیچیدن چسب کاغذ و نمونه های بزرگ با سمباده زنی طوری آماده شوند تا به خوبی در داخل نگهدارنده ثابت شوند.

۲- فرکانس مورد نیاز برای اندازه گیری ضریب جذب صوت لازم است روی درجه مربوطه تنظیم می کنیم.

۳- فیلتر پارازیت صوتی را جهت جلوگیری از ایجاد خطای آزمایش روی عدد مربوطه (۱۲۵ هرتز) قرار می دهیم.

۴- با حرکت دادن میز چرخدار حاوی میکروفون به طرف لوله و کاوشگر صوتی که در درون لوله حرکت می کند امواج صوتی تولید شده به وسیله بلندگو را به طرف نمونه آزمودنی هدایت می کنیم (در این هنگام در درون لوله شکم و گره ایجاد می شود).

۵- بعد از حرکت دادن میز چرخدار با توجه به درجه نمای ضریب جذب صوت اولین حداقل فشار صوت را یادداشت کرده و بعد حداکثر فشار صوت را نیز بدست می آوریم.

۶- بعد از آن پتانسیومتر را تا میزان حداکثر تنظیم می کنیم.

۷- با حرکت میز چرخدار و نگاه کردن به درجه نمای جذب صوت حداکثر جذب صوت را از روی درجه نما می خوانیم.

(لازم به ذکر است که اگر از چوب مناسب استفاده شده است به علت کم بودن ضریب جذب آن، درجه نما را تا درجه سوم آن تنظیم می کنیم تا عدد واقعی بدست آید)

نخل (Data palm) به صورت مخلوط استفاده گردد.

ب - دانسیته: با هدف تعیین کاربرد تختۀ خرده چوب عایقی جهت مصارف عایقهای صوتی سه دانمۀ دانسیته انتخاب گردید که عبارتند از:

$$0.35 \text{ gr/cm}^3 \text{ و } 0.40 \text{ gr/cm}^3 \text{ و } 0.45 \text{ gr/cm}^3$$

ج - ضخامت: ۱۵mm ۱۰mm

د - طرح سطح تختۀ خرده چوب: ساده و سوراخدار (طرح منظم) طبق استاندارد

ASTM-E 1264-90

۲-۲-۴- عوامل ثابت:

فشار پرس: ۳۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

سرعت بسته شدن پرس: ۲/۵ میلیمتر در ثانیه

وطیبت کیک خرده چوب: ۱۳ درصد

درجۀ حرارت پرس: ۱۷۰ درجۀ سلسیوس

نوع چسب: اوره - فرم آلدئید (UF)

مقدار مصرف چسب: ۱۲ درصد وزن خشک خرده چوب

میزان هاردنر: ۱ درصد (مخلوط صنوبر)، ۳ درصد (ضایعات نخل)

زمان پرس: ۴ دقیقه (برای ضخامت ۱۰ میلیمتر)، ۶ دقیقه (برای ضخامت ۱۵ میلیمتر)

جدول شماره (۱) خواص صوتی جهت اندازه گیری امپدانس صوتی

برای تختۀ خرده چوب عایقی

گونه	تختۀ خرده چوب ساخته شده	تختۀ خرده چوب ساخته شده
از ضایعات نخل	از صنوبر	از صنوبر
فرکانس (Hz)	۱۷۵ ۲۵۰ ۵۰۰ ۱۰۰۰ ۲۰۰۰	۱۷۵ ۲۵۰ ۵۰۰ ۱۰۰۰ ۲۰۰۰
خواص		
ارزین حداقل	۲۰ ۲۵ ۱۷ ۹ ۹۰	۲۵ ۲۰ ۱۷ ۹ ۹۰
فشار صوت		
p_1 (cm)	۷۰ ۳۳ ۲۲ ۱۶/۵ ۸	۸۰ ۳۹ ۲۲ ۱۶ ۵
فاصله بین دو		
حداقل فشار		
صوت		
(p_2-p_1) (cm)	۱۸۰ ۸ ۱۱/۵ ۵/۹۵ ۲۲	۷۶ ۱۹ ۱۱ ۲۲ ۲۲
درجۀ		

۳-۲-۴- تهیه نمونه های آزمودنی:

تختۀ خرده چوب عایقی، در عمل در کشورهای پیشرفته جهان جهت مصرف در مغزی دربها و دیوارهای پوششی مورد استفاده قرار می گیرد. در این بررسی پس از انجام آزمایشهای مقدماتی و بنیادی در مورد چوب که اساس کارهای بعدی را تشکیل می دهد، نسبت به ساخت صفحات جذب صوت از تختۀ خرده چوب عایقی اقدام می شود. بنابراین در این قسمت تعدادی از عوامل مربوط به ساخت و همچنین گونه چوبی با توجه به سوابق تحقیق در دیگر کشورها و متغیرهای مختلف در نظر گرفته شد. عوامل مربوط به پرس و دیگر عوامل ثابت در نظر گرفته شدند که عبارتند از:

۱-۲-۴- عوامل متغیر

الف - گونه چوب: مخلوط گونه های صنوبر شامل کشتهای صوفی در دوره های سازگاری کوتاه مدت و ضایعات محصولات کشاورزی که در این بررسی از ضایعات

خرده چوبهای بسیار درشت و خرده چوبهای بسیار ریز به ترتیب برای جدا کردن خرده چوبهای بسیار درشت و ریز که خارج از درجه بندی مناسب ساخت تخته خرده چوب هستند استفاده کرد.

۴-۳-۲- خشک کردن خرده چوب:

رطوبت خرده چوب بعد از پوشال کردن در حدود ۳۰ الی ۵۰ درصد بود که با یک خشک کن گردان با سرعت ۳ دور در دقیقه خشک گردید. کثیف خرده چوبها در درجه حرارت بین ۱۴۰ الی ۱۶۵ درجه سانتیگراد و با توجه به رطوبت دو گونه در حدود ۳۰ الی ۳۵ دقیقه خشک گردیدند. سپس بعد از خشک شدن، خرده چوبها در کیسه های پلاستیکی مقاوم و غیر قابل نفوذ بسته بندی و جهت مرحله بعدی آماده شدند. رطوبت نهایی خرده چوبها قبل از چسب زنی تا زیر ۳ درصد کاهش یافته بود.

۴-۳-۳- چسب مورد استفاده و چسب زنی خرده چوبها:

در این بررسی از چسب اوره - فرم آلدئید (UF) مایع مقدار مواد جامد ۶۲ درصد ساخت کارخانه سوپر انکو اصفهان ساخته شد. مقدار مواد جامد چسب قبل از مصرف به ۵۰ درصد کاهش داده شده است. شرایط چسب در زمان استفاده به شرح جدول زیر بوده است:

جدول شماره (۳) مشخصات چسب مورد مصرف در ساخت تخته خرده چوب هائلی

نوع چسب	دانسیته (gr/cm ³)	درصد مواد جامد (%)	pH	ویسکوزیته		زمان انهدا چسب با هاردنر (S)
				قالب	CP	
اوره فرم آلدئید	۱/۲۵	۶۲	۵/۲۰	۷۳	۱۰۰	۹۲

جهت چسب زنی خرده چوبها، از یک دستگاه چسب زن آزمایشگاهی استفاده گردید. این دستگاه شامل یک استوانه به قطر یک متر و به طول ۵۰ سانتیمتر بود که در

جدول شماره (۲) سطوح عوامل متغیر مورد مطالعه و علایم مربوط به آنها

در تخته خرده چوب هائلی

عامل متغیر	علامت	تعداد سطح	نامگذاری سطوح
گروه چوب	A	۱	صنوبر A _۱
دانسیته	B	۲	ضایعات نخل A _۲
			B _۱ : 0.35 gr/cm ³ B _۲ : 0.40 gr/cm ³ B _۳ : 0.45 gr/cm ³
ضخامت	C	۱	C _۱ : 10mm C _۲ : 15mm
طرح سطح تخته خرده چوب	D	۲	بدون سطح مورب D _۱ با سطح مورب D _۲

۴-۳-۴- مراحل تهیه نمونه های آزمودنی:

۴-۳-۴-۱- تهیه خرده چوب از چوبهای استحصالی صنوبر از کلهای موفق و ضایعات کشاورزی برداشت شده نخل از منطقه جیرفت کرمان صورت گرفت. چوبهای کاتین صنوبر و ضایعات نخل با استفاده از یک خردکن غلطکی از نوع Pallmann x430x120 PHT به خرده چوب تبدیل شده و بعد بلافاصله این خرده چوبهای درشت در آسیایی حلقوی (Ring-Flaker) از نوع Pallmann xPz8 به پوشال قابل استفاده در ساخت تخته خرده چوب تبدیل شدند.

۴-۳-۴-۲- الک کردن خرده چوب:

جهت آماده کردن خرده چوبهای با ابعاد مناسب لازم است خرده چوبهای حاصله، الک گردند. بدین لحاظ باید از دو الک با منافذ درشت و ریز به ترتیب جهت جدا کردن

قسمت داخل روی بدنه استوانه پره‌های چوبی به اندازه طول بدنه (۵۰ سانتیمتر) و ارتفاع ۶ سانتیمتر نصب شده است. عمل چسب‌زنی در استوانه با حالت افقی با سرعت چرخش در حدود ۲۰ دور در دقیقه انجام گردید. محلول چسب همراه با کاتالیزور (NH4Cl) بوسیله یک نازل با استفاده از هوای فشرده (۳-۴ اتمسفر) در داخل استوانه پاشیده شده و با غرده چوبیهای داخل آن مخلوط می‌گردند.

۴-۳-۵- شکل دادن غرده چوبی

برای شکل دادن کبک غرده چوبی، از یک قالب چوبی به ابعاد $4 \times 4 \times 25$ سانتیمتر استفاده گردید. برای تشکیل کبک بعد از چسب‌زنی غرده چوبیها، ابتدا به وسیله ترازویی به دقت ۰/۱ گرم مقدار غرده چوب چسب زده شده مورد نیاز برای هر تخته توزین و آنگاه به صورت لایه‌های یکنواخت در داخل قالب پاشیده شدند. قابل ذکر است که بعد از هر چسب‌زنی و قبل از تشکیل کبک غرده چوب یک نمونه رطوبتی جهت تعیین رطوبت کبک غرده چوب، توزین و در داخل ائو قرار داده شد.

۴-۳-۶- پرس کردن

کبک غرده چوب تشکیل شده در یک پرس گرم آزمایشگاهی از نوع Buerkle L 100 در فشار 30 Kp/cm^2 و سرعت بسته شدن $4/5$ میلیمتر در ثانیه پرس شده و به تخته مورد نیاز تبدیل شدند. جهت تنظیم ضخامت تخته‌ها از شابلون ۱۰ و ۵ میلیمتری استفاده گردید. لازم به توضیح است که زمان مورد نیاز جهت ساخت این تخته‌ها با انجام آزمایشهای مقدماتی در ۳ زمان ۲، ۳، ۵ دقیقه برای تخته به ضخامت ۱۰ میلیمتر انجام شد و زمان ۴ دقیقه مناسب‌ترین زمان پرس تخته ۱۰ میلیمتری شناخته شد، بعد زمان ۶ دقیقه برای ضخامت ۱۵ میلیمتر انتخاب گردید.

۴-۴- تهیه نمونه‌های آزمودنی

تخته‌ها پس از پرس شدن، جهت رسیدن به رطوبت تعادل، به مدت ۲۵ روز در

محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. بعد از هر تخته نمونه‌های آزمایشگاهی بر طبق دستورالعمل DIN-68763 تهیه شدند. روش تهیه نمونه و ابعاد آنها در شکل شماره (۳) ارائه گردیده است. نمونه‌های خمشی و الاستیسته و چسبندگی داخلی و تعیین رطوبت تخته با توجه به استاندارد فوق تهیه شدند و نمونه‌های مورد نیاز جهت آزمایشهای اکوستیکی و امپدانس صوتی با توجه به ابعاد دستگاه اندازه‌گیر جذب صوت از وسط تخته‌ها به ابعاد ۱۰ سانتیمتر قطر و ۳ سانتیمتر قطر انتخاب گردید.

از هر تخته ۲ آزمایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسته و ۲ آزمایش چسبندگی داخلی و یک نمونه جهت اندازه‌گیری جذب صوت برای فرکانس از ۱۲۵ تا ۱۰۰۰ هرتز و یک نمونه جهت اندازه‌گیری جذب صوت از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز انتخاب گردیدند.

جدول شماره (۴) مشخصات نمونه‌های آزمودنی، در تخته غرده چوب عایقی

نوع آزمایش	ابعاد (mm)	تعداد نمونه در تکرار	تعداد در هر تیمار
مقاومت خمشی و مدول الاستیسته	طول عرض ضخامت ۲۵۰ ۵۰ ۱۰-۱۵	۲	۱۶
چسبندگی داخلی (IB)	۵۰ ۵۰ ۱۰-۱۵	۲	۱۶
جذب صوت و امپدانس صوتی (125-20000Hz)	قطر ۱۰۰ ۱۰-۱۵	۱	۲
جذب صوت و امپدانس صوتی (1000-20000Hz)	قطر ۲۰ ۱۵-۱۰	۱	۲

۴-۵- آزمایشهای فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها:

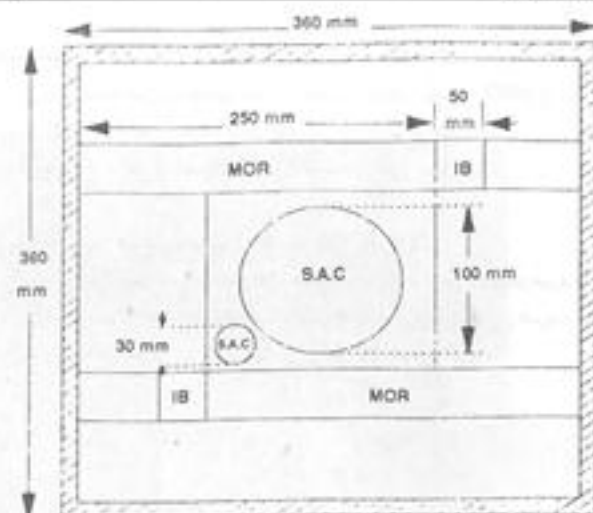
کلیه اندازه‌گیری خواص تخته‌ها بعد از گذشت ۲۵ روز از زمان ساخت آنها مطابق با استاندارد DIN-6873 انجام پذیرفت.

۱-۵-۴- آزمایش اندازه‌گیری مقاومت خمشی و مدول الاستیسته و چسبندگی داخلی:

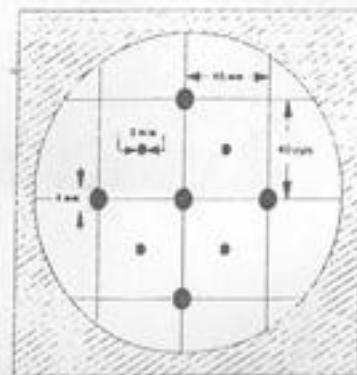
برای انجام این آزمایشها از ماشین آزمایش INSTRON-1186 استفاده گردید. در این آزمایشها از سرعت بارگذاری ۵ میلیمتر بر دقیقه برای اندازه‌گیری مقاومت خمشی و مدول الاستیسته و ۱ میلیمتر بر دقیقه برای چسبندگی داخلی استفاده گردید.

۲-۵-۴- تهیه نمونه‌های جذب صوت و امپدانس صوتی:

همان‌طوری که در جدول شماره (۲)، نوع، تعداد و ابعاد نمونه‌های آزمودنی عنوان شده برای هر آزمایش، ابعاد و مشخصات نمونه‌ها براساس استاندارد ASTM E-1264-90 نسبت به سوراخ کردن این تخته‌ها اقدام شد. سوراخها طرح‌های مختلفی داشتند که در این نوع سوراخهای بزرگ و کوچک به‌طور مخلوط و با قاعده مشخص و فواصل مشخص انتخاب گردیدند که در شکل شماره (۲) ابعاد و فواصل و قطر سوراخها از هم نشان داده شده‌اند.



شکل شماره (۱) الگوی برش تخته جهت تهیه نمونه‌های آزمودنی تخته خرد چوب هائلی



شکل شماره (۲) تهیه و آماده‌سازی تخته‌ها جهت سوراخ کردن سطح صفحات جذب صوت

جدول شماره ۵) تجزیه واریانس ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز

تخته خرده چوب عایقی

منابع تغییرات	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F محاسبه شده	F جدول	
				۱٪	
عامل A	۸/۱۶۷	۸/۱۶۷	۲۲/۲۹۱۱**	۷/۰۲	۲/۹۹
عامل B	۱۷/۵۸۳	۸/۷۹۲	۲۲/۰۰۲۹**	۲/۹۵	۲/۱۲
الترسانی AB	۳۹/۵۸۳	۱۹/۷۹۲	۵۲/۰۳۹۶**	۲/۹۵	۲/۱۲
عامل C	۱۱۲/۶۶۷	۱۱۲/۶۶۷	۳۰۷/۶۲۱۷**	۷/۰۲	۲/۹۹
الترسانی AC	۷۳/۵۰۰	۷۳/۵۰۰	۲۰۰/۶۸۵۹**	۷/۰۲	۲/۹۹
الترسانی BC	۱۷۹/۰۸۳	۸۹/۵۲۱	۲۲۲/۲۸۶۹**	۲/۹۵	۲/۱۲
الترسانی ABC	۱۹۰/۷۵۰	۹۵/۳۷۵	۲۶۰/۲۱۲۸**	۲/۹۵	۲/۱۲
عامل D	۸۰/۶۶۷	۸۰/۶۶۷	۲۲۰/۲۵۲۹**	۷/۰۲	۲/۹۹
الترسانی AD	۸۸/۱۶۷	۸۸/۱۶۷	۲۴۰/۷۳۲۱**	۷/۰۲	۲/۹۹
الترسانی BD	۵۲/۰۸۳	۲/۵۲۱	۹/۹۳۹۸**	۲/۹۵	۲/۱۲
الترسانی ABD	۱۲۲/۰۸۳	۷/۰۲۲	۱۹/۲۶۳۷**	۲/۹۵	۲/۱۲
الترسانی CD	۵۲	۵۲	۱۲۷/۲۲۱۷**	۷/۰۲	۲/۹۹
الترسانی ACD	۲۵/۱۶۸	۲۸/۱۶۷	۷۶/۹۰۶۸**	۷/۰۲	۲/۹۹
الترسانی BCD	۲۵/۲۵۰	۲۲/۶۲۵	۶۱/۷۷۵۸**	۲/۹۵	۲/۱۲
الترسانی ABCD	۵۲/۵۸۳	۲۸/۱۹۱	۷۷/۲۲۸۱**	۲/۹۵	۲/۱۲
خطا	۲۵/۲۷۱	۰/۲۶۶			
کل	۹۵	۱۰۲۰/۸۳۳	CV = ۲/۱۱/۳۵	ضریب تغییرات	

** معنی دار در سطح یک درصد * معنی دار در سطح ۵ درصد N.S معنی دار نیست

نتایج

در این قسمت ضرایب جذب صوت و ضریب کاهش صوت (NRC) و امپدانس صوتی (Z) در تخته خرده چوب عایقی مورد بررسی قرار خواهند گرفت و اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر بر خصوصیات مورد بحث، بررسی خواهند شد.

۱-۵- ضریب جذب صوت (فرکانس ۱۲۵ هرتز):

ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز که حداقل فرکانس کاربردی مورد نظر در این بررسی است در صفحات اکوستیک حائز اهمیت می باشد. بنابراین ضریب جذب صوت و امپدانس صوتی در این قسمت مورد نظر قرار خواهند گرفت.

ترتیب در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۵).

شکل شماره (۳) اثر مستقل ضخامت تخته را بر میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس نشان می دهد.

بیشترین میزان ضریب جذب صوت در ضخامت تخته ۱۵ میلیمتر بدست آمده است که این ضخامت در مقایسه با ضخامت تخته ۱۰ میلیمتر به میزان ۳۴٪ افزایش نشان داده است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن نیز ضخامت ۱۵ میلیمتر در گروه اول (A) قرار می گیرد. از میانگینها مشخص می شود که با افزایش ضخامت میزان امیدانس صوتی کاهش می یابد و رابطه مستقیمی میان ضخامت و افزایش جذب و کاهش امیدانس در این تیمار مشاهده می شود.

- اثر طرح سطح تخته:

مقادیر اثر طرح سطح تخته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول شماره ۵).

بیشترین میزان جذب صوت در طرح سطح تخته سوراخ دار بدست آمده است. که این طرح در مقایسه با طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۲۹٪ افزایش نشان می دهد. شکل شماره (۳) اثر مستقل طرح سطح تخته را بر میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس نشان می دهد. از لحاظ میزان امیدانس صوتی نیز این طرح در مقایسه با طرح سطح تخته بدون سوراخ دارای مقدار کمتری است.

۱-۱. اثر مستقل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت (فرکانس ۱۲۵ هرتز):

- اثر گونه چوبی:

مقادیر مستقل اثر گونه چوبی بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۵).

شکل شماره (۳) اثر مستقل گونه چوبی را بر این ویژگی نشان می دهد. با در نظر گرفتن شکل، مشاهده می شود که با تغییر گونه از صنوبر به ضایعات نخل در این فرکانس میزان جذب صوت ۱۰٪ افزایش می یابد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن، تیمار برتر فوق در گروه اول (A) قرار گرفته است. با در نظر گرفتن میزان امیدانس صوتی مشاهده می شود که گونه ضایعات نخل با داشتن امیدانس صوتی بالا مقاومت چندانی در برابر نفوذ امواج صوتی از خود نشان نمی دهد.

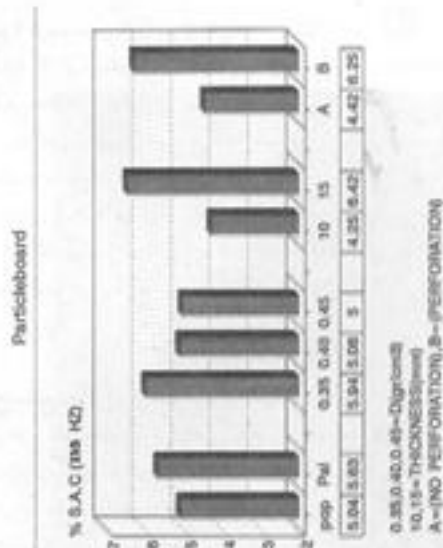
- اثر دانسیته:

دانسیته تخته اثر معنی داری بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز دارد و در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۵).

شکل شماره (۳) اثر مستقل دانسیته را بر این ویژگی نشان می دهد. همانگونه که در شکل مشاهده می گردد بالاترین میزان جذب صوت در دانسیته تخته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ بدست آمده است. که نسبت به دانسیته تخته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به میزان ۱۶٪ افزایش نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن مشاهده می شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (A) قرار گرفته است و تیمارهای با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به طور مشترک در گروه بعدی (B) قرار می گیرند. با در نظر گرفتن میزان امیدانس صوتی مشاهده می گردد که مقاومت تیمار (A) در برابر نفوذ امواج صوتی در حداقل است و تیمار با دانسیته تخته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ از مقاومت بیشتری نسبت به جذب امواج صوتی بهره مند است.

- اثر ضخامت تخته:

ضخامت تخته خرده چوبی عایقی بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵



سطح تخته بدون سوراخ A - ۱۰ mm ضخامت ۰/۲۵ (gr/cm³) و دانسیته صنوبر - PoP
 سطح تخته سوراخدار B - ۱۵ mm ضخامت ۰/۲۰ (gr/cm³) و دانسیته ضایعات نخل - Pal
 ۰/۲۵ (gr/cm³) و دانسیته

شکل شماره (۳) اثر مستقل گونه چوبی، دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز در تخته خرد چوب هائلی

۱-۵. اثر متقابل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز:

اثر متقابل گونه و دانسیته تخته:

بین مقادیر مختلف گونه و دانسیته تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵

بیشترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیار گونه صنوبر و دانسیته $0/25 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ مشاهده می شود که این تیار نسبت به گونه صنوبر با دانسیته $0/25 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به میزان ۳۹٪ افزایش یافته است. در مقایسه میانگینها به روش دانکن مشخص شده است که تیار برتر فوق و تیار ضایعات نخل با دانسیته $0/25 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ در یک گروه (B) قرار گرفته اند. همان گونه که مشاهده می شود گونه صنوبر و ضایعات نخل تفاوت اندکی در دانسیته $0/25 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ دارند که در گروه بندی میانگینها در یک گروه قرار گرفته اند. با در نظر گرفتن میزان امپدانس صوتی مشاهده می شود که تیارهایی که از ضایعات نخل و دانسیته های مختلف تشکیل یافته اند، امپدانس صوتی برابر واحد (۱) دارند. مقاومت این تیارها در برابر تیارهایی از گونه صنوبر بالاتر است. نتایج فوق با بررسیهای لیدو (۱۹۷۱) مطابقت داشته است. وی اظهار می دارد که دانسیته، گونه، ضخامت، درصد چسب و ابعاد ذرات از جمله عواملی هستند که بر خواص صوتی تخته مؤثرند. و در این میان عوامل دانسیته تخته و درصد چسب اثر بیشتری دارند.

اثر متقابل گونه و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف ترکیبهای گونه و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می گردد (جدول شماره ۵).

بیشترین میزان ضریب جذب صوت در تخته در گونه ضایعات نخل به ضخامت ۱۵ میلیمتر به دست آمده است که نسبت به تیار گونه صنوبر به ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۳۶٪ افزایش نشان می دهد. با توجه به جدول دانکن ملاحظه می شود که تیار برتر فوق در گروه اول (B) قرار گرفته و تیارهای گونه صنوبر به ضخامت ۱۰ و ۱۵ میلیمتر در گروه دوم (D) جای می گیرند. از لحاظ میزان امپدانس صوتی تختههایی که با ضایعات نخل ساخته شده اند مقاومتی برابر واحد دارند که از گونه های ساخته شده با صنوبر با ضخامتهای ۱۰ و ۱۵ میلیمتر بالاتر هستند.

- اثر متقابل دانسیته و طرح سطح تخته:

بین دانسیته و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۵). بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده است که این تیمار نسبت به دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان 4.2% افزایش یافته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن در سطح ۱ درصد ملاحظه می شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته، و تیمارهای با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و 0.40 و دارای طرح سطح تخته سوراخ دار در گروه دوم (b) قرار گرفته است. با در نظر گرفتن میزان امپدانس صوتی ملاحظه می شود که تیمار برتر فوق از حداقل مقاومت در برابر امواج صوتی بهره مند است.

نتایج بدست آمده با تحقیقات هات چین سون (۱۹۷۸) همخوانی دارد. نامبرده عنوان می کند که جذب صوت در تخته های ساخته شده از خاک اره و یا استفاده از چسب اره - فرم آلدئید در دانسیته $380-200 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ حداکثر است. و همان طور که در این بررسی مشخص شد تیماری که دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ یا طرح سطح تخته سوراخدار دارد از حداکثر میزان جذب صوت بهره مند است. همچنین تاکاهاشی (۱۹۷۳) بیان می کند که ضریب جذب صوت به شرایط سطح صفحه بستگی داشته، و در میان صفحات مختلف آنهایی که سطح سوراخدار درشت و یا شکافدار دارند از حداکثر میزان جذب صوت برخوردارند.

- اثر متقابل ضخامت و طرح سطح تخته:

بین ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۵). بالاترین میزان ضریب جذب صوت در ضخامت ۱۵ میلی متر و طرح سطح تخته از نوع سوراخدار بدست آمده است که نسبت به تیمار با ضخامت ۱۰ میلی متر و طرح سطح تخته از نوع بدون سوراخ به میزان 6.1% افزایش یافته است. در گروه بندی میانگینها به

- اثر متقابل دانسیته و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف دانسیته و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۵). بیشترین میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز در تیمار با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلی متر بدست آمده است که نسبت به تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلی متر به میزان 8.6% افزایش نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته است و تیمارهای با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ در گروه های بعدی قرار گرفته اند. از لحاظ میزان امپدانس صوتی با اینکه دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به ضخامت ۱۵ میلی متر در گروه های اول قرار گرفته است، ولی میزان امپدانس صوتی بالایی دارند که در این فرکانس بوجود آمده است. در دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامتهای ۱۰ و ۱۵ میلی متر میزان امپدانس صوتی بسیار کمتر است.

- اثر متقابل گونه و طرح سطح تخته:

بین گونه جوی و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۵). بالاترین میزان جذب صوت در این فرکانس در تیمار گونه صنوبر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده است که نسبت به تیمار گونه صنوبر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان 5.4% افزایش نشان می دهد. با توجه به گروه بندی میانگینها به روش دانکن در سطح ۱ درصد مشاهده می کنیم که تیمار گونه صنوبر و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه اول (a) قرار گرفته و تیمارهای با گونه ضایعات نخل و طرح سطح تخته سوراخدار و بدون سوراخ مشترکاً در گروه دوم (b) جای می گیرند. با در نظر گرفتن میزان امپدانس صوتی ملاحظه می شود، که تیمارهای برتر از امپدانس صوتی کمتری برخوردارند. باز مشاهده می شود که تیمارهایی که با ضایعات نخل ساخته شده اند در این فرکانس از امپدانس صوتی بالایی بهره مند می باشند.

گروه دوم قرار گرفته است. از لحاظ مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی تیمار برتر فوق کمترین مقاومت امپدانس صوتی را داشته است. تیمارهایی که از ضایعات نخل ساخته شده‌اند در برابر امواج صوتی بسیار مقاوم هستند.

- اثر متقابل گونه چوبی، ضخامت و طرح سطح تخت:

اثر متقابل میان سه عامل فوق بر ضریب جذب صوت در این فرکانس در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول شماره ۵).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخت سوراخدار بدست آمده است که نسبت به تیمار گونه ضایعات نخل به ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخت بدون سوراخ به میزان ۵۶٪ افزایش نشان می‌دهد. در مقایسه میانگینها به روش دانکن تیمارهای گونه صنوبر به ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخت سوراخدار و گونه ضایعات نخل به ضخامت ۱۵ میلیمتر و با طرح سطح تخت به سوراخ و بدون سوراخ هر سه تیمار در یک گروه (a) قرار گرفته‌اند. تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلیمتر و دارای طرح سطح تخت از نوع سوراخدار در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج بدست آمده در این ترکیبی می‌توان اثر طرح سطح تخت را در نفوذ و جذب امواج صوتی مؤثر دانست. مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی تیماری که از گونه صنوبر ساخته شده در گروه اول (a) قرار می‌گیرد و از حداقل امپدانس صوتی بهره‌مند است.

روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته و تیمار به ضخامت ۱۰ میلیمتر و با طرح سطح تخت سوراخدار در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد. با در نظر گرفتن میزان امپدانس صوتی ملاحظه می‌شود که تیمارهای برتر فوق از حداقل امپدانس صوتی بهره‌مند هستند.

- اثر متقابل گونه چوبی، دانسیته و ضخامت تخت:

بین سه عامل فوق بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود.

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار ضایعات نخل با دانسیته $0.75 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به تیمار ضایعات نخل با دانسیته $0.75 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۹۱٪ افزایش داشته است. در مقایسه میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) جای گرفته و تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.75 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد. از لحاظ نفوذ امواج صوتی می‌توان گفت که تیمارهایی که از ضایعات نخل درست شده‌اند، همگی امپدانس برابر یک دارند و در بین تیمارهایی که از گونه صنوبر ساخته شده‌اند تیماری که در گروه دوم (b) قرار گرفته بود از حداقل میزان امپدانس صوتی برخوردار است.

- اثر متقابل گونه چوبی، دانسیته، طرح سطح تخت:

بین سه عامل فوق بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌گردد (جدول شماره ۵).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.75 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخت سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.75 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخت بدون سوراخ به میزان ۶۹٪ افزایش داشته است. در مقایسه میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار می‌گیرد و تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.75 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخت سوراخدار در

- اثر متقابل دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخت:

بین سه عامل فوق بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌گردد (جدول شماره ۵).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار با دانسیته $0.75 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۶۰ میلیمتر و طرح سطح تخت سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0.75 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخت از نوع بدون سوراخ به میزان ۸۹٪ افزایش نشان می‌دهد. با مقایسه میانگینها به روش دانکن تیمار

که در هنگام برخورد به سطح تخته بدست می آید و باعث نفوذ کمتر این امواج به داخل تخته می شوند، صورت گرفته است. از نظر طرح سطح تخته می توان با قاطعیت عنوان کرد که سطح سوراخدار با فواصل منظم ضریب جذب صوت بالایی نسبت به نوع بی سوراخ یا ساده آن دارند. شکل شماره (۴) اثر متقابل این عوامل را بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز نمایش می دهد.

امپدانس صوتی در تیمارهایی که قدرت نفوذ امواج صوتی بالایی دارند در حداقل خود قرار می گیرد. ولی در تخته های ساخته شده از ضایعات نخل همانگونه که در قبل نیز عنوان شد به علت وجود الیاف درهم و یکنی شکل، قدرت نفوذ این امواج در تخته های ساخته شده را کم می کنند و به همین دلیل این تخته ها امپدانس صوتی بالایی دارند.

برتر فوق در گروه اول (۸) و تیمارهای با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار و بدون سوراخ مشترکاً در گروه بعدی (ب) قرار می گیرند.

- اثر متقابل گونه چوبی، دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته:

با در نظر گرفتن جدول تجزیه واریانس شماره (۵) مشاهده می شود که میان چهار عامل فوق بر ضریب جذب صوت اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می گردد.

بالترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با گونه ضایعات نخل و دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار و بدون سوراخ به میزان ۹۳٪ افزایش می یابد. با توجه به گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (۸) قرار می گیرد. از لحاظ مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی تیمار برتر فوق از حداقل امپدانس صوتی بهره مند است. امپدانس تیمارهای ساخته شده با ضایعات نخل برابر یک است. ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز در تخته خرده چوب عایقی از گونه های صنوبر و مازاد محصولات کشاورزی که در این بررسی ضایعات نخل انتخاب شده و با توجه به دانسیته های 0.40 ، 0.45 و 0.45 و ضخامت های ۱۰ و ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته از نوع سوراخدار و بدون سوراخ مورد بررسی قرار گرفتند.

از لحاظ گونه چوبی، صنوبر ارجحیت دارد. در تیمارهایی که با این گونه ساخته شده اند از ضرایب جذب بالایی برخوردارند. از لحاظ دانسیته، تخته های ساخته شده با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ دارای حداکثر میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس هستند. علت آن را می توان به دانسیته کم تخته ساخته شده و فشردگی کم آن در مقایسه با دانسیته های $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و 0.40 دانست. از لحاظ ضخامت در این فرکانس رابطه محکمی در این ضریب پیدا نشد و تیمارهای برتر ما اغلب در ضخامت های ۱۰ میلیمتر بدست آمده بودند که این ضعف را می توان به قدرت نفوذ امواج در فرکانس ۱۲۵ هرتز نسبت داد که به دلیل کاهش فرکانس و افت صوتی، پخش صوتی، پخش به صورت گرم

۵-۲. ضریب جذب صوت (فرکانس ۲۵۰ هرتز):

ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز در تخته خرده چوب عایقی نیز مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار خواهد گرفت.

جدول شماره (۶) تجزیه واریانس ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز در

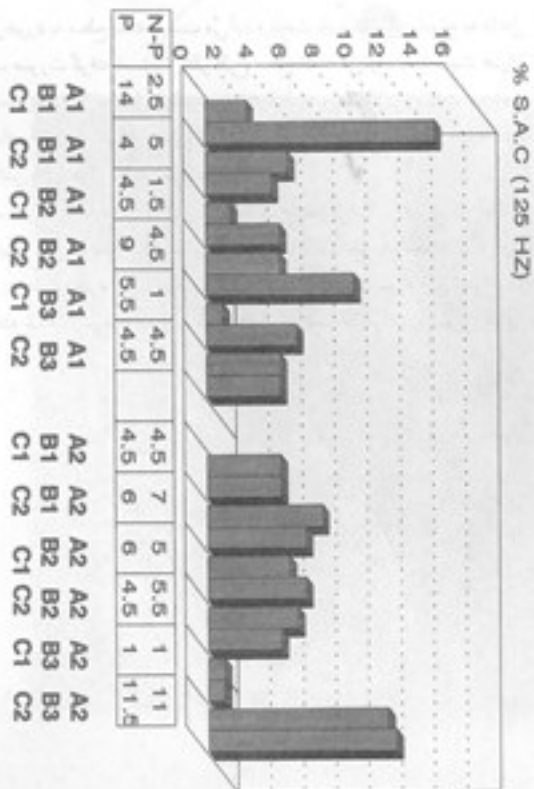
تخته خرده چوب عایقی

منابع تغییرات	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F محاسبه شده	F جدول	
					0.05	0.01
عامل A	۱	۱۷۰/۶۶۷	۱۷۰/۶۶۷	۲۱۸/۲۹۵۰**	۷/۰۲	۲/۱۹
عامل B	۲	۲۲/۷۵۰	۱۱/۳۷۵	۱۸/۰۰۵۸**	۲/۵۵	۲/۱۹
الترساقی AB	۲	۲/۰۸۳	۱/۰۴۱	۲/۱۳۸(B.S)	۲/۹۵	۲/۱۹
عامل C	۱	۶۰/۱۶۷	۶۰/۱۶۷	۷۷/۰۲۸۸**	۷/۰۲	۲/۱۹
الترساقی AC	۱	۰/۶۶۷	۰/۶۶۷	۰/۸۵۲۵(B.S)	۷/۰۲	۲/۱۹
الترساقی BC	۲	۵۱/۰۸۳	۲۵/۵۲۱	۳۲/۳۹۹۸**	۲/۹۵	۲/۱۹
الترساقی ABC	۲	۲۰/۰۸۳	۱۰/۰۴۱	۱۲/۸۵۵۸**	۲/۹۵	۲/۱۹
عامل D	۱	۲۹۹	۲۹۹	۳۷۶/۳۹۱۷**	۷/۰۲	۲/۱۹
الترساقی AD	۱	۶۰/۱۶۷	۶۰/۱۶۷	۷۷/۰۲۸۸**	۷/۰۲	۲/۱۹
الترساقی BD	۲	۲۷/۱۵۰	۱۳/۵۷۵	۳۰/۳۲۵۸**	۲/۹۵	۲/۱۹
الترساقی ABD	۲	۱/۵۸۳	۰/۷۹۱	۱/۰۱۲۵(B.S)	۲/۹۵	۲/۱۹
الترساقی CD	۱	۲۲/۶۶۷	۲۲/۶۶۷	۵۸/۲۳۳۹**	۷/۰۲	۲/۱۹
الترساقی ACD	۱	۱۲/۵۰	۱۲/۵۰	۱۷/۲۸۳۳**	۷/۰۲	۲/۱۹
الترساقی BCD	۲	۲۰/۵۸۳	۱۰/۲۹۱	۵۵/۷۷۸۱**	۲/۹۵	۲/۱۹
الترساقی ABCD	۲	۶۸/۱۵۰	۳۴/۷۵	۴۲/۷۸۸۸**	۲/۹۵	۲/۱۹
خطا	۶۹	۵۲/۸۸۶	۰/۷۸۱			
کلی	۷۵	۹۷۶				
ضریب تغییرات: %C.V = ۱۲/۲۹						

** معنی دار در سطح یک درصد

* معنی دار در سطح ۵ درصد

N.S معنی دار نیست



شکل شماره (۴) - الترساقی چهار عامل گویه چوبی (A)، دانسیته (B)، ضخامت ازموطنی (C) و رطوبت سطح تخته (D) بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز در تخته خرده چوب عایقی

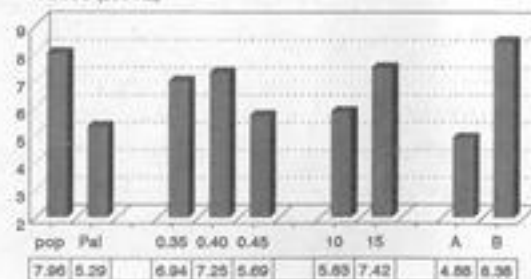
صوتی ملاحظه می شود که ضخامت ۱۵ میلیمتر از حداقل میزان مربوطه برخوردار است. نتایج بدست آمده با تحقیقات کلن (۱۹۵۱) مطابقت داشته است، وی بیان می کند که با زیاد شدن ضخامت تخته تا ۳۰ میلیمتر ضریب جذب صوت نیز افزایش می یابد. در این بررسی نیز ضخامت ۱۵ میلیمتر، حداکثر میزان ضریب جذب صوت را داشته است.

- اثر طرح سطح تخته:

مقادیر اثر طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اثر معنی داری در سطح ۱ درصد دارد (جدول شماره ۶).

شکل شماره (۵) اثر مستقل طرح سطح تخته را بر میزان ضریب جذب صوت نمایش داده است. بیشترین میزان این ویژگی در طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به نوع بدون سوراخ به میزان ۲۲٪ افزایش نشان می دهد. از لحاظ میزان امپدانس صوتی ملاحظه می شود که تیمار برتر فوق افزایش امپدانس صوتی داشته است.

% S.A.C (250 Hz)



0.35, 0.40, 0.45 = D (g/cm³)

10, 15 = THICKNESS (mm)

A = (NO PERFORATION), B = (PERFORATION)

Pop =

0.35 = دانسیته

0.45 = دانسیته

15 mm = ضخامت

A =

Pal =

0.40 = دانسیته

10 mm = ضخامت

B =

0.35 = دانسیته

شکل شماره (۵) اثر مستقل گونه چوبی، دانسیته ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز

۱-۲۰۵ اثر مستقل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت (فرکانس ۲۵۰ هرتز):
- اثر گونه چوبی:

مقادیر مستقل اثر گونه چوبی بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۶).

شکل شماره (۵) اثر مستقل گونه را بر این ویژگی نشان می دهد. با تغییر گونه از ضایعات نخل به صنوبر به میزان ۳۴٪ افزایش در ضریب جذب صوت را ملاحظه می کنیم. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن گونه صنوبر در گروه اول (A) قرار گرفته است و امپدانس صوتی کمتری نسبت به ضایعات نخل دارد.

- اثر دانسیته:

مقادیر اثر مستقل دانسیته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول شماره ۶).

شکل شماره (۵) اثر مستقل دانسیته را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان ضریب جذب صوت در دانسیته ۰/۴۰ (g/cm³) بدست آمده که نسبت به دانسیته ۰/۳۵ (g/cm³) به میزان ۲۲٪ افزایش نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن ملاحظه می شود که تیمارهای برتر که با دانسیته ۰/۳۵ و ۰/۴۰ می باشند هر دو در گروه اول (A) قرار می گیرند. میزان امپدانس صوتی در تیماری که دانسیته ۰/۳۵ (g/cm³) دارد از حداقل خود برخوردار است.

- اثر ضخامت تخته:

مقادیر اثر مستقل ضخامت تخته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول شماره ۶).

شکل شماره (۵) اثر مستقل ضخامت تخته را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان ضریب جذب صوت در تخته به ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۲۲٪ افزایش یافته است. در گروه بندی میانگینها نیز ضخامت ۱۵ میلیمتر در گروه اول (A) قرار گرفته است. با توجه به میزان امپدانس

تیمار برتر فوق در گروه اول (a) و تیمار ضایعات نخل با طرح سطح صافه سوراخدار در گروه دوم (b) قرار گرفته است. با در نظر گرفتن میزان امپدانس صوتی مشاهده شده که تیمار برتر فوق از در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی برخوردار است.

تیمارهایی که در این بررسی در ساخت تخته خورده چوب عایقی از ضربه جذب صوت بالایی برخوردارند مقاومت بیشتری در برابر نفوذ امواج صوتی در درون تخته‌ها دارند که علت اصلی آن را می‌توان به غیر یکنواختی سطح تخته خورده چوب نسبت داد. موادی که در ساخت تخته‌ها مورد استفاده قرار گرفتند عموماً شامل خورده چوب و چسب بوده‌اند که می‌تواند ترکیب غیریکنواختی بوجود آورد. و هنگام برخورد امواج به تخته‌ها به علت نداشتن فضای لازم مانند چوب، دیگر قادر به جذب این امواج نیستند.

- اثر متقابل دانسیته و طرح سطح تخته:

بین دانسیته و طرح سطح تخته خورده چوب عایق بر ضربه جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۶). مقادیر متوسط ضربه جذب صوت در این فرکانس و ترکیبهای حاصله بین این دو عامل را نشان می‌دهد. بالاترین میزان ضربه جذب صوت در این فرکانس در تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0.25 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۵۷٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته است و تیمار با دانسیته $0.40 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد. با در نظر گرفتن میزان امپدانس صوتی مشاهده می‌شود تیمارهای برتر از امپدانس صوتی بالایی بهره‌مند هستند.

نتایج بدست آمده با تحقیقات تاکاهاشی و همکاران (۱۹۷۳) مطابقت داشته است. وی عنوان می‌کند که مواد اکوستیکی مناسب دارای جذب صوت بالایی هستند. بررسی وی نشان داده که مصالح ساختمانی چوبی بطور مؤثر پارازیت صدا را کاهش می‌دهد. تخته‌های صوتی واجد سوراخ نیز در افزایش جذب صوت مؤثرند.

کن‌ووتی (۱۹۵۱) میزان جذب صوت را در تخته سه لایه به ضخامت ۶/۴ میلیمتر در

۴-۵-۲. اثر متقابل عوامل متغیر بر ضربه جذب صوت (فرکانس ۲۵۰ هرتز):

- اثر متقابل گونه و دانسیته تخته:

بین مقادیر مختلف ترکیبهای گونه و دانسیته تخته خورده چوب عایقی بر ضربه جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اثر معنی داری ملاحظه نمی‌شود (جدول شماره ۶).

- اثر متقابل گونه و ضخامت تخته:

بین مقادیر مختلف ترکیبهای گونه و ضخامت تخته بر ضربه جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اختلاف معنی داری مشاهده نمی‌شود (جدول شماره ۶).

- اثر متقابل دانسیته و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف ترکیبهای دانسیته و ضخامت تخته خورده چوب عایقی بر ضربه جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌گردد (جدول شماره ۶).

بالاترین میزان ضربه جذب در فرکانس ۲۵۰ هرتز در تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0.25 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۵۰٪ افزایش یافته است. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) و تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر در گروه دوم (b) جای می‌گیرد. از لحاظ میزان امپدانس صوتی تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر دارای کمترین میزان نفوذ امواج صوتی را داشته است.

- اثر متقابل گونه و طرح سطح تخته:

بین گونه و طرح سطح تخته بر ضربه جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۶).

بالاترین میزان ضربه جذب در تیمار گونه صنوبر با طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به ضایعات نخل با طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۵۹٪ افزایش نشان می‌دهد. با توجه به گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن ملاحظه می‌شود که

- اثر متقابل گونه چوبی، ضخامت و طرح سطح تخت:

بین مقادیر مختلف ترکیبهای سه عامل فوق بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۶).
 بالاترین میزان ضریب جذب صوت در تیمارهای گونه صنوبر به ضخامت های ۱۰ و ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار ضایعات نخل به ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۰/۶۹ افزایش یافته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمارهای برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته اند. میزان امیدانس صوتی نیز در تیمارهای برتر افزایش داشته است.

- اثر متقابل دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخت:

بین مقادیر مختلف ترکیبهای سه عامل فوق بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۶).
 بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار با دانسیته (gr/cm^3) ۰/۳۵ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده است که نسبت به تیمار با دانسیته (gr/cm^3) ۰/۲۵ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۰/۸۶ افزایش یافته است. با مقایسه میانگینها به روش دانکن در سطح ۱ درصد مشخص شده است که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) جای می گیرد و تیمار با دانسیته (gr/cm^3) ۰/۲۰ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخ دار در گروه دوم (b) قرار گرفته است. میزان امیدانس صوتی در تیمار برتر، افزایش داشته است.

- اثر متقابل گونه، دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخت:

با توجه به جدول تجزیه واریانس شماره (۶) مشاهده می شود که میان چهار عامل فوق، بیشترین میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز در تیمار گونه صنوبر با دانسیته (gr/cm^3) ۰/۳۵ به ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته از نوع سوراخ دار بدست آمده که نسبت به تیمار گونه ضایعات نخل با دانسیته (gr/cm^3) ۰/۲۵ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۰/۹۳ افزایش یافته است.

گونه Fir بررسی کرده و نشان می دهد که در فرکانسهای پایین (۱۲۸ و ۲۵۶ هرتز) افزایش جذب صوت مشاهده می شود. با توجه به دانسیته کم گونه Fir می توان گفت که دانسیته اثر قابل ملاحظه ای در افزایش ضریب جذب صوت داشته است.

- اثر متقابل ضخامت و طرح سطح تخت:

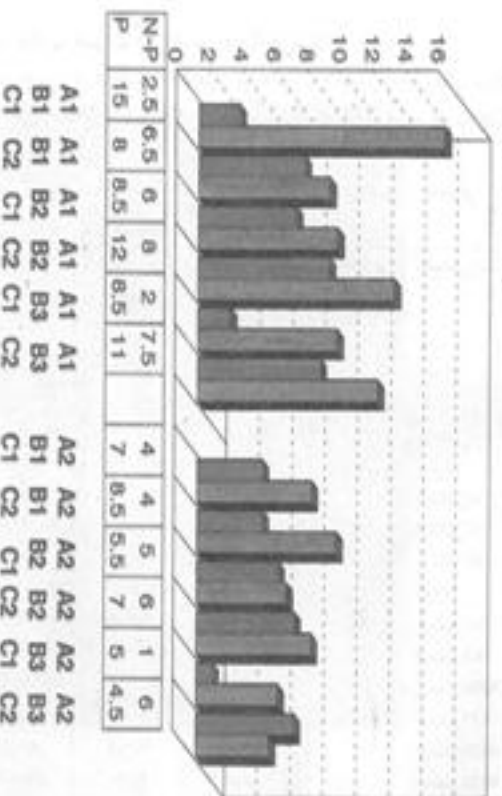
بین ضخامت و طرح سطح تخت بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۶).
 بالاترین میزان جذب صوت در این فرکانس در ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار به ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۰/۶۰ افزایش داشته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر در گروه اول (a) جای گرفته است. میزان امیدانس صوتی تیمار برتر برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت زیادی برخوردار است.

- اثر متقابل گونه، دانسیته و ضخامت تخت:

اثر متقابل میان سه عامل فوق بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد دارد (جدول شماره ۶).
 بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار گونه صنوبر با دانسیته (gr/cm^3) ۰/۴۰ و ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به تیمار ضایعات نخل با دانسیته (gr/cm^3) ۰/۲۵ و ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۰/۷۰ افزایش داشته است. در مقایسه میانگینها مشاهده می شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته است. مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی در تیمار برتر از درصد بالایی برخوردار است.

- اثر متقابل گونه چوبی، دانسیته، طرح سطح تخت:

بین مقادیر مختلف ترکیبهای گونه، دانسیته و طرح سطح تخت بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود (جدول شماره ۶).



شکل شماره (۴) اثر متقابل چهار عامل گروه جوش (A)، دانسیته (B)، ضخامت آرمادی (C) و سطح سطح تحت اثر (N-P) بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز در ناحیه خورده چوب عایقی

با در نظر گرفتن میانگینها به روشن دانستن ملاحظه می شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (B) قرار داشته است. از لحاظ مقاومت در برابر امپدانس صوتی تیمار برتر بالاترین مقاومت صوتی در برابر نفوذ امواج صوتی داشته است.

در بررسی ضریب جذب صوت در این فرکانس می توان گفت که از لحاظ گونه صوتی برتری محسوس نسبت به ضایعات نخل داشته است. دانسیته (gr/cm^3) ۰/۳۵ بالاترین میزان ضریب جذب صوت را داشته است. ضخامت لخته خورده چوب عایقی نیز در این فرکانس در ضخامت ۱۵ میلیمتر جذب صوت بالایی دارند. طرح سطح لخته از نوع سوراخدار نسبت به نوع بدون سوراخ برتری دارد. از لحاظ مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی مشاهده می شود که در این فرکانس مانند فرکانس ۱۲۵ هرتز تیمارهایی که جذب صوت بالایی دارند امپدانس صوتی زیادی دارند که به افت های مختلف بر می گردد که در فرکانس ۱۲۵ هرتز به آنها اشاره شد.

شکل شماره (۵) اثر متقابل چهار عامل فوق را بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۵۰ هرتز نشان می دهد.

۱-۵.۳ اثر مستقل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت (فرکانس ۵۰۰ هرتز):

- اثر گونه چوبی:

مقادیر مستقل اثر گونه بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز بر سطح ۱ درصد معنی دار می باشد (جدول شماره ۷).

شکل شماره ۷ (۷) اثر مستقل گونه را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان ضریب جذب صوت در گونه صنوبر بدست آمده که نسبت به ضایعات نخل به میزان ۲۶٪ افزایش نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن وضعیت فوق مورد تایید است و گونه صنوبر در گروه اول (A) قرار می گیرد. با توجه به امیدانس صوتی مشاهده می شود که گونه صنوبر در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی، نسبت به ضایعات نخل، برخوردار است.

- اثر دانسیته:

مقادیر مستقل اثر دانسیته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۷).

شکل شماره ۷ (۷) اثر مستقل دانسیته را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان ضریب جذب صوت در دانسیته $40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ بدست آمده که نسبت به دانسیته $35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به میزان ۱۹٪ افزایش نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (A) قرار می گیرد. تیمار با دانسیته $35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ از حداقل مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی بهره مند است.

- اثر ضخامت تخته:

مقادیر مستقل اثر ضخامت بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۷).

شکل شماره ۷ (۷) اثر مستقل ضخامت را بر این ویژگی نشان می دهد. بیشترین میزان ضریب جذب صوت در تخته به ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به ضخامت ۱۰ میلیمتر ۲۴٪ افزایش داشته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن ضخامت

۳-۵.۳ ضریب جذب صوت (فرکانس ۵۰۰ هرتز):

ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار خواهند گرفت و اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر مورد بررسی برای تخته خرده چوب عایقی مورد بحث قرار خواهند گرفت.

جدول شماره ۷ (۷) تجزیه واریانس ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز

در تخته خرده چوب عایقی

منابع تغییرات	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F محاسبه شده	F جدول	
					۵	۱
عامل A	۱	۳۹۲/۰۲۲	۳۹۲/۰۲۲	۲۸۲/۸۷۱۶**	۷/۰۲	۳/۹۹
عامل B	۲	۱۳۵/۲۵۰	۶۷/۱۲۵	۸۳/۲۹۲۶**	۲/۹۵	۳/۱۲
اثر متقابل AB	۲	۲۰/۰۸۳	۱۰/۰۴۱	۱۲/۳۹۸۳**	۲/۹۵	۳/۱۲
عامل C	۱	۳۳۰/۰۲۲	۳۳۰/۰۲۲	۲۰۶/۵۰۷۳**	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل AC	۱	۵۷/۰۲۲	۵۷/۰۲۲	۷۰/۲۵۷۳**	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل BC	۲	۲/۵۸۳	۱/۲۹۱	۱/۵۹۰۹(۵.۵)	۲/۹۵	۳/۱۲
اثر متقابل ABC	۲	۳۹/۰۸۳	۱۹/۵۱۲	۲۲/۰۶۹۲**	۲/۹۵	۳/۱۲
عامل D	۱	۳۳۰/۰۲۲	۳۳۰/۰۲۲	۲۰۶/۵۰۷۳**	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل AD	۱	۳۰/۳۷۵	۳۰/۳۷۵	۳۷/۲۱۲۲**	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل BD	۲	۱۲۶/۵۸۳	۶۳/۲۹۱	۷۷/۹۵۵۹**	۲/۹۵	۳/۱۲
اثر متقابل ABD	۲	۱۰۰/۷۵۰	۳۰/۳۷۵	۶۲/۰۲۶۱**	۲/۹۵	۳/۱۲
اثر متقابل CD	۱	۱/۰۲۲	۱/۰۲۲	۱/۲۸۳۰(۵.۵)	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل ACD	۱	۳/۳۷۵	۳/۳۷۵	۹/۱۵۵۹**	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل BCD	۲	۸/۵۸۳	۴/۲۹۱	۵/۲۸۰۰**	۲/۹۵	۳/۱۲
اثر متقابل ABCD	۲	۳۱/۷۵۰	۱۵/۸۷۵	۱۹/۵۵۳۰**	۲/۹۵	۳/۱۲
خطا	۶۹	۵۶/۰۲۱	۰/۸۱۲			
کل	۹۵	۱۶۶۳/۱۲۵				

NS معنی دار نیست

** معنی دار در سطح یک درصد * معنی دار در سطح ۵ درصد

۱۵ میلیمتر در گروه اول (۸) قرار گرفته است. میزان امپدانس صوتی در ضخامت ۱۵ میلیمتر بسیار زیاد است.

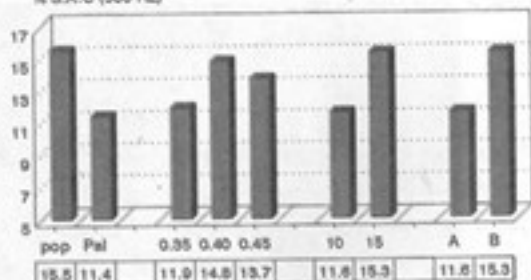
- اثر طرح سطح تخته:

مقادیر اثر طرح سطح تخته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۷).

شکل شماره (۷) اثر مستقل طرح سطح تخته را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان ضریب جذب صوت در طرح سطح تخته از نوع سوراخدار پدست آمده که نسبت به تخته با طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۲۴٪ افزایش داشته است. در گروه بندی میانگینها نیز طرح سطح تخته سوراخدار در گروه اول (۸) قرار گرفته است. از لحاظ میزان امپدانس صوتی نیز تیمار بدون سوراخ در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت کمتری برخوردار است.

Particleboard

% S.A.C (500 Hz)



0.35, 0.40, 0.45 = D (gr/cm³)

10, 15 = THICKNESS (mm)

A = (NO PERFORATION), B = (PERFORATION)

سطح تخته بدون سوراخ A = ۱۰ mm ضخامت، دانسیته (gr/cm³) = ۰/۳۵ - صنوبر = Pop
سطح تخته سوراخدار B = ۱۵ mm ضخامت، دانسیته (gr/cm³) = ۰/۴۰ - ضایعات نخل = Pal
دانسیته (gr/cm³) = ۰/۳۵ - دانسیته

شکل شماره (۷) اثر مستقل گونه چوبی، دانسیته ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز

۲-۵-۳. اثر متقابل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۲۵ هرتز:
- اثر متقابل گونه و دانسیته تخته:

بین سطوح مختلف دانسیته و گونه بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۷).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار گونه صنوبر با دانسیته (gr/cm³) = ۰/۴۰ پدست آمده که نسبت به تیمار ضایعات نخل با دانسیته (gr/cm³) = ۰/۳۵ به میزان ۴۱٪ افزایش داشته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن ملاحظه می شود که

گروه اول (a) قرار می‌گیرد. تیمارهای گونه چوبی صنوبر با طرح سطح تخته از نوع سوراخدار و ضایعات نخل با طرح سطح تخته سوراخ دار در گروه دوم (b) قرار می‌گیرند. امیدانس صوتی بالایی دارد.

- اثر متقابل دانسیته و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف دانسیته و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد ملاحظه می‌شود (جدول شماره ۷). بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته از نوع سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۴۴٪ افزایش یافته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن مشاهده می‌شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته و تیمارهای با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته از نوع سوراخدار و تیمار با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته بدون سوراخدار هر سه در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد. از لحاظ میزان امیدانس صوتی مشاهده می‌شود که تیمار برتر فوق در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی برخوردار است.

- اثر متقابل ضخامت و طرح سطح تخته:

بین مقادیر مختلف ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد مشاهده نمی‌شود (جدول شماره ۷).

- اثر متقابل گونه، دانسیته و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف گونه، دانسیته و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۷). بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار گونه صنوبر با دانسیته

تیمارهای گونه صنوبر با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و گونه صنوبر با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ در گروه اول (a) قرار داشته و تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ در گروه دوم (b) قرار گرفته است. از لحاظ میزان مقاومت امواج صوتی می‌توان گفت که تیمارهای برتر از امیدانس صوتی بالایی بهره‌مند هستند.

- اثر متقابل گونه و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف گونه و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز اثر معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۷). بالاترین میزان این ضریب در تیمار گونه صنوبر و به ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به تیمار گونه ضایعات نخل و ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۴۴٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن ملاحظه می‌شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار داشته و تیمارهای گونه صنوبر به ضخامت ۱۰ میلیمتر و گونه ضایعات نخل به ضخامت ۱۵ میلیمتر در گروه دوم، (b) جای می‌گیرد. از لحاظ میزان امیدانس صوتی مشاهده می‌شود که تیمارهای برتر در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی برخوردارند.

- اثر متقابل دانسیته و ضخامت تخته:

بین مقادیر مختلف دانسیته و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد مشاهده نمی‌شود (جدول شماره ۷).

- اثر متقابل گونه و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز اثر معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۷). بیشترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار گونه صنوبر با طرح سطح تخته از نوع سوراخدار نسبت به تیمار ضایعات نخل و طرح سطح تخته به میزان ۴۶٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن ملاحظه می‌شود که تیمار برتر فوق در

جای می‌گیرد و تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته بدون سوراخ در گروه دوم (b) جای گرفته است. از لحاظ میزان امپدانس صوتی تیمار برتر در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی برخوردار است.

- اثر متقابل دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف سه عامل فوق بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۷). بیشترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلی‌متر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۵۹٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته و تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته سوراخدار دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و طرح سطح تخته سوراخدار و دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته سوراخدار هر چهار تیمار در گروه دوم (b) قرار گرفته‌اند.

- اثر متقابل گونه چوبی، دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته:

با توجه به جدول تجزیه واریانس شماره (۷) مشاهده می‌شود که میان سطوح مختلف چهار عامل فوق بر ضریب جذب صوت اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌گردد.

با توجه به شکل شماره (۸) ملاحظه می‌شود که بالاترین میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز در تیمارهای گونه صنوبر با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته سوراخدار و دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته سوراخدار و دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته بدون سوراخ و در تیمار ضایعات نخل با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته سوراخدار به دست آمده.

دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلی‌متر به میزان ۶۲٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمارهایی که برتر هستند در گروه اول (a) قرار داشته و تیمارهای گونه صنوبر با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلی‌متر در گروه دوم (b) جای گرفته‌اند. از لحاظ میزان مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی مشاهده می‌شود که تیمارهای برتر فوق از میزان امپدانس صوتی بالایی برخوردارند.

- اثر متقابل گونه چوبی، دانسیته، طرح سطح تخته:

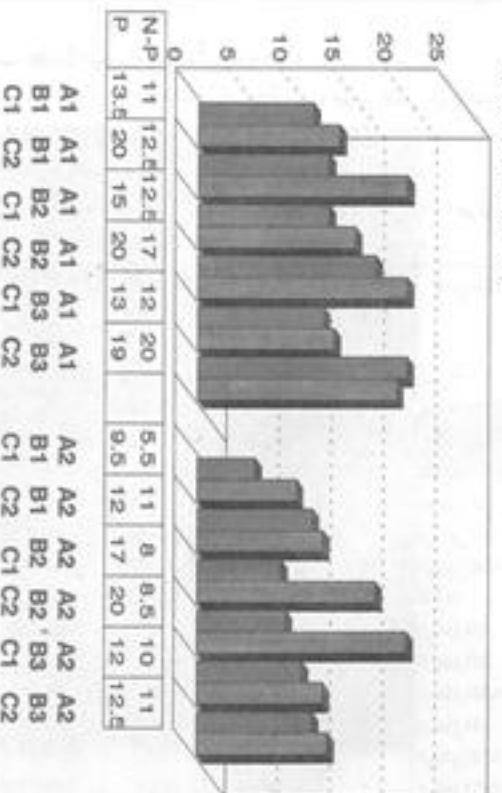
بین سطوح مختلف گونه، دانسیته و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۷).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار ضایعات نخل با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار ضایعات نخل با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۲۳٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار داشته و تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) جای می‌گیرد. با در نظر گرفتن میزان امپدانس صوتی ملاحظه می‌شود که تیمارهای برتر در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی بهره‌مند هستند.

- اثر متقابل گونه چوبی، ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۷).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به گونه ضایعات نخل به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۶۰٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن مشاهده می‌شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a)



■ N-P
■ P

شکل شماره (۸) اثر سطوح چهار عامل گونه جوش (A)، دانسیته (B)، ضخامت آزمونی (C) و طرح ساخت تخت (NP) بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۵۰۰ هرتز در تخت جوش خوب و نامی

است. این تیمارها نسبت به ضایعات نخل دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخت بدون سوراخ به میزان ۷۳٪ افزایش یافته است. با در نظر گرفتن مبالغه‌ها به روشن دانستن مشاهده می‌شود که تیمارهای برتر فوق در گروه اول (A) قرار گرفته‌اند. از لحاظ میزان امپدانس صوتی تیمارهایی که دارای ضریب جذب صوت بالایی هستند از مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی برخوردارند. در این بررسی مشخص شد که در این فرکانس گونه صنوبر از جذب صوت بالایی بهره‌مند است. میزان دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخت سوراخدار از بالاترین میزان ضریب جذب صوت برخوردار هستند. از لحاظ مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی تیمارهایی که با ضایعات نخل و دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ ساخته شده‌اند از امپدانس صوتی پایینی برخوردارند و تیمارهایی که از گونه صنوبر با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ ساخته شده‌اند امپدانس صوتی بالایی دارند.

۳-۴. اثر مستقل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت (فرکانس ۱۰۰۰ هرتز):

- اثر گونه چوبی:

مقادیر مستقل اثر گونه چوبی بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول شماره ۸).

شکل شماره ۹ اثر مستقل گونه چوبی را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان ضریب جذب صوت در گونه صنوبر بدست آمده که نسبت به ضایعات نخل به میزان ۱۴٪ افزایش یافته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (۸) قرار گرفته است. میزان امپدانس صوتی در تیمار برتر فوق از مقدار بالایی برخوردار است.

- اثر دانسته:

مقادیر اثر مستقل دانسته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول شماره ۸).

شکل شماره ۹ اثر مستقل دانسته را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان ضریب جذب در دانسته $0.35 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ بدست آمده که نسبت به دانسته $0.45 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ به میزان ۱۰٪ افزایش یافته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (۸) قرار گرفته و تیمار با دانسته $0.40 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ در گروه دوم (b) جای می گیرد. میزان امپدانس صوتی تیمار برتر فوق زیاد بوده است.

- اثر ضخامت تخت:

مقادیر اثر مستقل ضخامت بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول شماره ۸).

شکل شماره ۹ اثر مستقل ضخامت را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان جذب در ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۳۹٪ افزایش می یابد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن ملاحظه می شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (۸) قرار گرفته و ضخامت ۱۰ میلیمتر در گروه دوم (b) جای

۴-۵. ضریب جذب صوت (فرکانس ۱۰۰۰ هرتز):

ضریب جذب صوت در این فرکانس برای تختة خرده چوب عایقی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار خواهد گرفت و اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر مورد بحث و نتیجه گیری قرار می گیرند.

جدول شماره ۸ تجزیه واریانس ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز

در تختة خرده چوب عایقی

منابع تغییرات	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F محاسبه شده	F جدول	
					٪۱	٪۵
عامل A	۱	۹۵۶/۱۹۰	۹۵۶/۱۹۰	۲۱۳/۵۸۱۴***	۷/۰۱	۳/۹۹
عامل B	۲	۱۴۳/۲۲۹	۸۱/۹۱۷	۳۸/۱۲۸۳***	۲/۹۵	۳/۱۲
اثر متقابل AB	۲	۱۴۹۹/۰۸۸	۸۹۹/۵۲۲	۲۰۳/۲۳۷۲***	۲/۹۵	۳/۱۲
عامل C	۱	۳۸۸/۳۱۵	۳۸۸/۳۱۵	۱۷۹۹/۹۸۹۹***	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل AC	۱	۸۹/۱۹۰	۸۹/۱۹۰	۳۲/۲۳۲۰***	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل BC	۲	۷۳/۳۱۸	۳۶/۵۵۹	۱۷/۱۲۵۶***	۲/۹۵	۳/۱۲
اثر متقابل ABC	۲	۵۰۵/۵۶۸	۲۵۲/۷۸۲	۱۱۸/۹۰۹۹***	۲/۹۵	۳/۱۲
عامل D	۱	۵۵۵/۰۰۳	۵۵۵/۰۰۳	۲۲۵/۲۶۱۰***	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل AD	۱	۸۹/۲۶۱	۸۹/۲۶۱	۲۲/۱۷۱۹***	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل BD	۲	۲۳۶/۳۱۸	۱۱۸/۱۵۹	۵۵/۱۹۹۲***	۲/۹۵	۳/۱۲
اثر متقابل ABD	۲	۸۵/۹۸۲	۴۲/۲۹۱	۱۹/۸۵۰۷***	۲/۹۵	۳/۱۲
اثر متقابل CD	۱	۱۱/۰۰۳	۱۱/۰۰۳	۵/۱۲۴	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل ACD	۱	۵۹/۲۷۸	۵۹/۲۷۸	۲۷/۷۳۸۹***	۷/۰۲	۳/۹۹
اثر متقابل BCD	۲	۳۵/۸۱۸	۱۷/۹۰۹	۸/۳۶۶۳***	۲/۹۵	۳/۱۲
اثر متقابل ABCD	۲	۵۱/۵۶۸	۲۵/۷۸۲	۱۲/۰۹۵۲***	۲/۹۵	۳/۱۲
خطا	۴۹	۱۳۷/۷۰۱	۲/۱۲۱			
کل	۹۵	۷۵۸۲/۸۵۲	%C.V = ۵۰.۷			

ضریب تغییرات

** معنی دار در سطح یک درصد

* معنی دار در سطح ۵ درصد

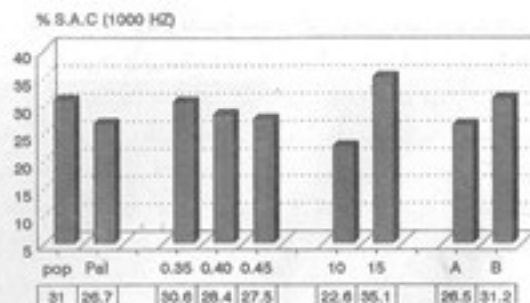
N.S معنی دار نیست

می گیرد. میزان امپدانس صوتی نیز در تیمار برتر زیاد است.

- اثر طرح سطح تخته:

مقادیر اثر مستقل طرح سطح تخته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول شماره ۸). شکل شماره (۹) اثر مستقل طرح سطح تخته را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان جذب صوت در این فرکانس در تیمار طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۱۵٪ افزایش نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (A) قرار می گیرد. میزان نفوذ امواج صوتی در تیمار برتر فوق زیاد است.

Particleboard



0.35, 0.40, 0.45 = D (gr/cm³)

10, 15 = THICKNESS (mm)

A = (NO PERFORATION), B = (PERFORATION)

طرح سطح تخته بدون سوراخ A = ۱۰ mm ضخامت ۰/۳۵ (gr/cm³) دانسیته صورتی Pop =
طرح سطح تخته سوراخدار B = ۱۵ mm ضخامت ۰/۴۰ (gr/cm³) دانسیته ضرایب نقل Pal =
۰/۴۵ (gr/cm³) دانسیته

شکل شماره (۹) اثر مستقل گونه چوبی، دانسیته ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز

نتایج بدست آمده با تحقیقات مایر (۱۹۳۱) مطابقت داشته است. او عنوان می کند که بین ضریب جذب صوت و ساختمان آناتومیکی سلولهای چوبی رابطه مستقیمی وجود دارد. وی بیان می کند که مسأله جذب صوت در عایقهای صوتی کاملاً از چوب متمایز است. وی معتقد است که مکانیسم انتقال امواج صوتی در تخته خرده چوب عایقی با اصطکاک میان مولکولهای مواد و تخلخل دیواره ها باعث افزایش گرما می شود که مقدار آن بسیار جزئی است.

۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۴۲٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (b) قرار می‌گیرد و تیمارهای با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر در گروه دوم (b) قرار می‌گیرند. از لحاظ میزان نفوذ امواج صوتی می‌توان مشاهده کرد که تیمارهایی که ضریب جذب صوت بالایی دارند در برابر نفوذ امواج صوتی نیز از مقاومت بالایی برخوردارند.

- اثر متقابل گونه و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۸). بالاترین میزان جذب صوت در ترکیب تیمار گونه صنوبر با طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار ضایعات نخل با طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۱۱٪ افزایش یافته است. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن ملاحظه می‌شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) جای گرفته و تیمار ضایعات نخل با طرح سطح تخته سوراخ دار در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد. از لحاظ میزان امپدانس صوتی نیز در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت زیادی برخوردارند.

- اثر متقابل دانسیته و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۸). بالاترین میزان ضریب جذب صوت در ترکیب تیمار با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده است، که این تیمار نسبت به دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۲۳٪ افزایش یافته است. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمارهای با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار و بدون سوراخ، تیمار با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و 0.40 به ترتیب با طرح

۵.۴.۲- اثر متقابل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز:

- اثر متقابل گونه و دانسیته تخته:

بین سطوح مختلف گونه و دانسیته تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۸). بالاترین میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ در تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ بدست آمده که نسبت به تیمار ضایعات نخل با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به میزان ۳۹٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن مشاهده می‌شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) جای گرفته است. تیمار ضایعات نخل با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد. از لحاظ مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی در این ترکیبهای تیمارهایی که ضریب جذب صوت بالایی دارند از امپدانس صوتی بالایی نیز برخوردارند.

- اثر متقابل گونه و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف گونه و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۸). بیشترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به تیمار ضایعات نخل به ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۴۴٪ افزایش یافته است. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن مشاهده می‌شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته و تیمار ضایعات نخل به ضخامت ۱۵ میلیمتر در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد. از لحاظ میزان امپدانس صوتی، تیمارهای برتر در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی برخوردارند.

- اثر متقابل دانسیته و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف دانسیته و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۸). بالاترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت

- اثر متقابل گونه، دانسیته، طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف سه عامل فوق بر ضریب جذب صوت در این فرکانس اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده شده است (جدول شماره ۸).
بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار ضایعات نخل با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار به میزان ۲۲٪ افزایش نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمارهای گونه صنوبر با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و با هر دو نوع طرح سطح تخته در گروه اول (a) قرار گرفته است. تیمارهای گونه صنوبر با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار و گونه صنوبر با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) جای می گیرد. امپدانس صوتی تیمارهای برتر در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی برخوردارند.

- اثر متقابل گونه، ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۸).
بالاترین میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار ضایعات نخل به ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۷۵۵٪ افزایش نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها تیمار برتر در گروه اول (a) قرار گرفته و تیمارهای گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح صفحه بدون سوراخ و گونه ضایعات نخل به ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار هر دو در گروه دوم (b) قرار می گیرد. میزان مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی در تیمارهایی که ضریب جذب صوت بالایی دارند از امپدانس صوتی بالایی نیز برخوردارند.

سطح تخته بدون سوراخ و سوراخدار در گروه اول (a) قرار گرفته است.

- اثر متقابل ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۸).
بالاترین میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در تیمار با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته از نوع سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته از نوع بدون سوراخ به میزان ۲۳٪ افزایش یافته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته است. تیمار به ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ در گروه دوم (b) قرار گرفته است. میزان امپدانس صوتی در تیمارهای برتر زیاد است.

- اثر متقابل گونه، دانسیته و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف گونه، دانسیته و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده شده است (جدول شماره ۸).
بیشترین میزان جذب صوت در گونه صنوبر با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به گونه ضایعات نخل با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۷۶۹٪ افزایش یافته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار داشته و تیمارهای با گونه صنوبر و دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و ضایعات نخل با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر هر دو در گروه دوم (b) قرار می گیرند. از لحاظ میزان امپدانس صوتی، تیمارهایی که ضریب جذب صوتی بالایی دارند از امپدانس بالایی نیز بهره مند هستند.

- اثر متقابل دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۸).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در تیمارهای با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح صفحه بدون سوراخ و تیمار با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۷.۵۵٪ افزایش نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها نیز تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته است. میزان امپدانس صوتی در تیمارهایی که ضریب جذب صوتی بالایی دارند از میزان امپدانس صوتی بالایی نیز برخوردارند.

- اثر متقابل گونه، دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته:

با توجه به جدول تجزیه واریانس شماره (۸) ملاحظه می شود که میان سطوح مختلف چهار عامل فوق اثر معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود.

با توجه به شکل شماره (۱۰) ملاحظه می شود که بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار گونه چوبی صنوبر با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ بدست آمده که نسبت به تیمار با گونه صنوبر با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ و تیمار گونه ضایعات نخل با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۶.۶۷٪ افزایش یافته است. با در نظر گرفتن میانگینها به روش دانکن مشاهده می شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته است. تیمار گونه صنوبر و دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) جای گرفته است. از لحاظ میزان امپدانس صوتی می توان مشاهده کرد که تیمارهایی که ضریب جذب صوتی بالایی دارند در برابر نفوذ امواج صوتی نیز از مقاومت بالایی برخوردارند.

ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در تیمار گونه صنوبر بالاترین میزان جذب صوت را در این فرکانس داشته است. دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ بالاترین میزان جذب امواج صوتی را در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز داشته است. ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار نیز بیشترین میزان جذب امواج صوتی را داشته اند. از نظر مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی نیز مشاهده می شود که تیمارهای برتر از ضریب جذب صوت و نیز امپدانس صوتی بالایی نیز برخوردارند.

۵.۵. ضریب جذب صوت (فرکانس ۲۰۰۰ هرتز):

در این قسمت ضریب جذب صوت در این فرکانس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار خواهند گرفت و اثرات مستقل و متقابل عوامل مورد بحث بررسی خواهند شد.

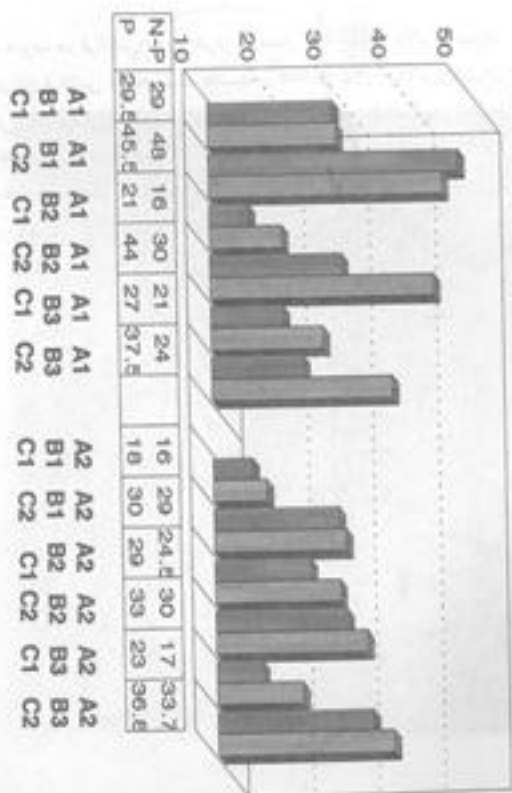
جدول شماره (۹) تجزیه واریانس ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در تختة خرده چوب عایقی

منابع تغییرات	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F محاسبه شده	F جدول	
					۷۱	۷۵
عامل A	۱	۸۲۲/۵۱۰	۸۲۲/۵۱۰	۱۱۲/۹۹۵۵**	۷/۰۲	۲/۹۹
عامل B	۱	۹۸۲/۹۴۸	۹۸۱/۲۹۹	۶۸۱/۰۹۷۸**	۲/۹۵	۲/۱۲
اثر متقابل AB	۱	۶۹۱/۲۷۱	۲۲۰/۲۳۵	۲۲/۲۱۸۹**	۲/۹۵	۲/۱۲
عامل C	۱	۸۹۵۱/۳۳۲	۸۹۵۱/۳۳۲	۱۲۲۰/۰۶۲۹**	۷/۰۲	۲/۹۹
اثر متقابل AC	۱	۱۳۵۸/۵۱۰	۱۳۵۸/۵۱۰	۱۸۸۰/۰۶۱۳**	۷/۰۲	۲/۹۹
اثر متقابل BC	۱	۷۰۷/۶۸۸	۳۵۳/۸۲۲	۲۹/۰۱۹۲**	۲/۹۵	۲/۱۲
اثر متقابل ABC	۱	۵۱۲/۰۲۱	۲۵۶/۰۱۰	۳۵/۶۶۱۱**	۲/۹۵	۲/۱۲
عامل D	۱	۳۳۳۲/۵۸۲	۳۳۳۲/۵۸۲	۶۰۰/۲۶۶۱**	۷/۰۲	۲/۹۹
اثر متقابل AD	۱	۷/۵۸۲	۷/۵۸۲	۱/۰۵۲(۵.۸۲)	۷/۰۲	۲/۹۹
اثر متقابل BD	۱	۸۰۲/۲۲۸	۲۰۲/۲۱۹	۵۵/۲۲۰۹**	۲/۹۵	۲/۱۲
اثر متقابل ABD	۱	۵۰۶/۲۲۸	۲۸۰/۲۱۹	۳۸/۸۱۸۸**	۲/۹۵	۲/۱۲
اثر متقابل CD	۱	۳۷۲/۰۹۲	۳۷۲/۰۹۲	۵۱/۵۲۷۷**	۷/۰۲	۲/۹۹
اثر متقابل ACD	۱	۰/۲۹۰	۰/۲۹۰	۰/۰۳۶۱(۵.۸۲)	۷/۰۲	۲/۹۹
اثر متقابل BCD	۱	۳۷۱/۶۸۸	۱۸۵/۸۲۲	۲۵/۷۲۵۷**	۲/۹۵	۲/۱۲
اثر متقابل ABCD	۱	۲۱۱/۰۲۱	۲۰۵/۵۱۰	۲۸/۲۷۰۰**	۲/۹۵	۲/۱۲
خطا	۲۹	۲۹۸۰۰۷۳	۷/۲۱۸			
کل	۳۰	۲۰۲۲۲/۹۵۶	%C.V = ۴۹/۱۹			

N.S. معنی ندارد

** معنی دارد در سطح یک درصد

% S.A.C (1000 Hz)



شکل شماره (۱۱) - اثر متقابل چهار عامل گونه چوبی (A)، دانسیته (B)، ضخامت آبرودهی (C) و طرح سطح جفت (D) بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در تختة خرده چوب عایقی

- اثر ضخامت تخته:

مقادیر اثر مستقل ضخامت تخته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۹).

شکل شماره (۱۱) اثر مستقل ضخامت تخته را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان جذب صوت در این فرکانس در تخته به ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۲۶٪ افزایش داشته است. از لحاظ میزان مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی ملاحظه می شود که تیار به ضخامت ۱۵ میلیمتر امیدانس صوتی بالایی دارد.

- اثر طرح سطح تخته:

مقادیر اثر مستقل طرح سطح تخته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۹).

شکل شماره (۱۱) اثر مستقل طرح سطح تخته را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان جذب صوت در این فرکانس در تخته از نوع سوراخدار بدست آمده که نسبت به تخته بدون سوراخ به میزان ۱۹٪ افزایش یافته است. از لحاظ میزان امیدانس صوتی ملاحظه می شود که تیار برتر فوق در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی برخوردار است.

۱-۵-۵-۵-۱ اثر مستقل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت (فرکانس ۲۰۰۰ هرتز):
- اثر گونه چوبی:

مقادیر اثر مستقل گونه چوبی بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۹).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در گونه ضایعات نخل بدست آمده که نسبت به گونه صنوبر به میزان ۹٪ افزایش نشان می دهد. از لحاظ میزان امیدانس صوتی، تیار برتر امیدانس پایینی دارد که در واقع مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی مانند چوبی مناسبی مثبت بوده و ضایعات نخل که امیدانس کمتری دارند از ضریب جذب صوت بالایی برخوردارند.

نتایج بدست آمده با تحقیقات هات چین سون (۱۹۷۸) مطابقت داشته وی عنوان می کند که جذب صوت در تخته خرده چوب ساخته شده از خاک آره با چسب آوره - فورمالدئید در دامنه فرکانس ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز جواب مساعدی دارد. او عوامل ابعاد ذرات، دانسیته و درصد رطوبت خاک آره را در کیفیت پایانی و جذب صوت مؤثر دانسته و گونه چوبی را عامل مهمی در فرآیند می داند و نیز تخته هایی را مفید می داند که در دانسیته ۳۸۰-۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب بدست می آیند.

- اثر دانسیته:

مقادیر اثر مستقل دانسیته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۹).

بیشترین میزان جذب در دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به میزان ۳۰٪ دارای افزایش است. شکل شماره (۱۱) اثر مستقل دانسیته را بر این ویژگی نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها، دانسیته های $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و 0.35 در گروه اول (۸۰) قرار می گیرند. تیارهای برتر از حداقل امیدانس صوتی بهره مند هستند.

نکته جالب توجه در این فرکانس حداقل بودن امیدانس در دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ است که در فرکانسهای قبلی عکس این نتیجه بدست آمده بود، که دلایلی آن به افت های مختلف نسبت داده شده بود.

- اثر ضخامت تخته:

مقادیر اثر مستقل ضخامت تخته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۹).
شکل شماره (۱۱) اثر مستقل ضخامت تخته را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان جذب صوت در این فرکانس در تخته به ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۲۶٪ افزایش داشته است. از لحاظ میزان مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی ملاحظه می شود که تیمار به ضخامت ۱۵ میلیمتر امپدانس صوتی بالایی دارد.

- اثر طرح سطح تخته:

مقادیر اثر مستقل طرح سطح تخته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۹).
شکل شماره (۱۱) اثر مستقل طرح سطح تخته را بر این ویژگی نشان می دهد. بالاترین میزان جذب صوت در این فرکانس در تخته از نوع سوراخدار بدست آمده که نسبت به تخته بدون سوراخ به میزان ۱۹٪ افزایش یافته است. از لحاظ میزان امپدانس صوتی ملاحظه می شود که تیمار برتر فوق در برابر نفوذ امواج صوتی از مقاومت بالایی برخوردار است.

۱-۳-۳-۳- اثر مستقل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت (فرکانس ۲۰۰۰ هرتز):

- اثر گونه چوبی:

مقادیر اثر مستقل گونه چوبی بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۹).
بالاترین میزان ضریب جذب صوت در گونه ضایعات نخل بدست آمده که نسبت به گونه صنوبر به میزان ۹٪ افزایش نشان می دهد. از لحاظ میزان امپدانس صوتی، تیمار برتر امپدانس پایینی دارد که در واقع مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی مانند چوبی ماسیو مثبت بوده و ضایعات نخل که امپدانس کمتری دارند از ضریب جذب صوت بالایی برخوردارند.

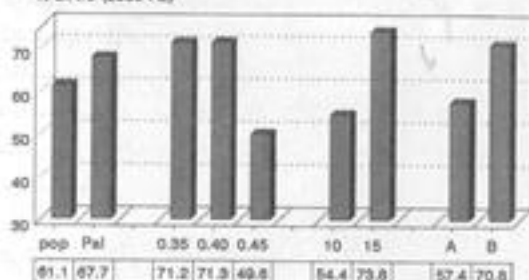
نتایج بدست آمده با تحقیقات هات چین سون (۱۹۷۸) مطابقت داشته وی عنوان می کند که جذب صوت در تخته خرده چوب ساخته شده از خاک آره یا چسب آوره - فرم آلکئید در دامنه فرکانس ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز جواب مساعدی دارد. او عوامل ابعاد ذرات، دانسیته و درصد رطوبت خاک آره را در کیفیت پایانی و جذب صوت مؤثر دانسته و گونه چوبی را عامل مهمی در فرایند می داند و نیز تخته‌هایی را مفید می داند که در دانسیته ۳۸۰، ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب بدست می آیند.

- اثر دانسیته:

مقادیر اثر مستقل دانسیته بر میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۹).
بیشترین میزان جذب در دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به میزان ۳۰٪ دارای افزایش است. شکل شماره (۱۱) اثر مستقل دانسیته را بر این ویژگی نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها، دانسیته‌های $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و 0.35 در گروه اول (B) قرار می گیرند. تیمارهای برتر از حداقل امپدانس صوتی بهره مند هستند.
نکته جالب توجه در این فرکانس حداقل بودن امپدانس در دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ است که در فرکانسهای قبلی عکس این نتیجه بدست آمده بود، که دلایل آن به افت‌های مختلف نسبت داده شده بود.

Particleboard

% S.A.C (2000 Hz)

0.35, 0.40, 0.45 = D (gr/cm³)

10, 15 = THICKNESS (mm)

A = (NO PERFORATION), B = (PERFORATION)

Pop = صغیر - دانسیته = ۰/۳۵ (gr/cm³) - ضخامت = ۱۰ mm A = سطح تخته بدون سوراخ

Pal = ضایعات نخل - دانسیته = ۰/۴۰ (gr/cm³) - ضخامت = ۱۵ mm B = سطح تخته سوراخدار

۰/۴۵ (gr/cm³) - دانسیته

شکل شماره (۱۱) اثر مستقل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در تخته خرده چوب عایقی

۲. شدت اثر متقابل عوامل متغیر بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز:

- اثر متقابل گونه و دانسیته تخته:

بین سطوح مختلف گونه و دانسیته تخته خرده چوب عایقی بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۹).

بالا ترین میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در تیمار با گونه

دانسیته ۰/۴۵ (gr/cm³) به میزان ۳۷٪ افزایش نشان می دهد. در گروه بندی آنها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته است و تیمار ضایعات نخل با دانسیته ۰/۳۵ (gr/cm³) در گروه دوم (b) قرار می گیرد. نکته جانب در این ترکیب تغییر گونه از صنوبر به ضایعات نخل در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز است و در جذب صوت در فرکانسهای بیش از ۱۰۰۰ هرتز مؤثرتر است.

از لحاظ میزان مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی مشاهده می شود که تیمار برتر فوق امپدانس صوتی کمتری دارد که دلیل آنرا می توان به تغییر گونه از صنوبر به ضایعات نخل نسبت داد که باعث پایین آمدن مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی می شود.

- اثر متقابل گونه و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف گونه و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۹). بالا ترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلی متر بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۰ میلی متر به میزان ۳۶٪ افزایش نشان می دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن ملاحظه می شود که تیمارهای گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلی متر و ضایعات نخل به ضخامت ۱۵ میلی متر در گروه اول (a) قرار گرفته اند. از ترکیبهای متقابل بین این دو عامل می توان به اهمیت گونه در کاهش امپدانس صوتی پی برد. تیماری که با ضایعات نخل ساخته شده، ضریب جذب صوت بالا و امپدانس صوتی کمتری دارد و گونه صنوبر با جذب صوت بالا، مقاومت امپدانس بالایی نیز دارد.

- اثر متقابل دانسیته و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف دانسیته و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می شود (جدول شماره ۹). بالا ترین میزان ضریب جذب در تیمار با دانسیته ۰/۴۰ (gr/cm³) به ضخامت ۱۵ میلی متر بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته ۰/۳۵ (gr/cm³) و ضخامت ۱۰ میلی متر

روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) و تیمار به ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ در گروه دوم (b) جای می‌گیرد. تیمارهای برتر از امپدانس صوتی بالایی برخوردارند.

- اثر متقابل گونه، دانسیته و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف گونه، دانسیته و ضخامت تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۹).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار گونه ضایعات نخل با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۵۵٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه بندی میانگینها تیمار برتر در گروه اول (a) قرار داشته و تیمار با گونه صنوبر و دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد. ضایعات نخل از امپدانس صوتی پایینی برخوردارند.

- اثر متقابل گونه، دانسیته و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه، دانسیته و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۹).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار گونه ضایعات نخل و دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته از نوع سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۵۰٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته و تیمار با ضایعات نخل و دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد.

از لحاظ امپدانس صوتی تیمار برتر فوق کمترین مقاومت در برابر نفوذ امواج صوتی

به میزان ۵۱٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) جای گرفته است. تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد. میزان امپدانس صوتی نیز در این ترکیبهای تغییر قابل توجهی دارد. تیمار برتر فوق امپدانس کمتری دارد.

- اثر متقابل گونه و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد مشاهده نمی‌شود (جدول شماره ۹).

- اثر متقابل دانسیته و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف دانسیته و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۹). بالاترین میزان ضریب جذب صوت در این فرکانس در تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۴۵٪ افزایش می‌یابد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن ملاحظه می‌شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار می‌گیرد. تیمار با دانسیته $0.45 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) جای می‌گیرد. میزان امپدانس صوتی در تیمارهای برتر افزایش می‌یابد.

- اثر متقابل ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۹). بالاترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار به ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار به ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۴۲٪ افزایش نشان داده است. در گروه بندی میانگینها به

طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۷۳٪ افزایش نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته و تیمارهای گونه ضایعات نخل با دانسیته $0/35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار، و ضایعات نخل با دانسیته $0/40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ و با سوراخ هر سه در گروه دوم (b) قرار می‌گیرند.

میزان امپدانس صوتی تیمارهای ساخته شده با گونه صنوبر امپدانس صوتی بالایی داشته و تیمارهای ساخته شده از ضایعات نخل که ضریب جذب صوت بالایی دارند امپدانس کمتری برخوردارند.

به‌طور کلی ضایعات نخل از حداکثر میزان جذب صوت در این فرکانس بهره‌مند هستند. دانسیته $0/35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر حداکثر جذب صوتی را داشته‌اند.

شکل شماره (۱۲) اثر متقابل چهار عامل فوق را بر میزان جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز نشان می‌دهد.

داشته است. استفاده از ضایعات نخل در ساخت تخته خرده چوب عایقی در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز بر افزایش جذب صوت می‌افزاید.

- اثر متقابل گونه، ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (جدول شماره ۹).

- اثر متقابل دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۹).

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در تیمار با دانسیته $0/35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0/40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۶۳٪ افزایش یافته است. در گروه‌بندی میانگینها تیمار برتر فوق در گروه اول (a) قرار گرفته و تیمارهای با دانسیته $0/40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار و بدون سوراخ هر دو در گروه دوم (b) قرار می‌گیرند. تیمار برتر فوق از امپدانس صوتی بالایی بهره‌مند است. در تیمار گروه دوم (b) مقاومت امپدانس صوتی کمتر است.

- اثر متقابل گونه، دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته:

با توجه به جدول تجزیه واریانس شماره (۹) میان سطوح مختلف چهار عامل فوق اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود.

بالاترین میزان ضریب جذب صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0/35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0/40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و

۵-۶. ضریب کاهش صوت (NRC):

ضریب کاهش صوت عاملی است که از لحاظ کاربردی در اکثر موارد آکوستیکی در تخته‌های عایق صوت بدان مراجعه شده و از لحاظ مقایسه اهمیت به سزائی دارد. جدول شماره (۱۰) تجزیه واریانس ضریب کاهش صوت در تخته خرده چوب عایق صوت

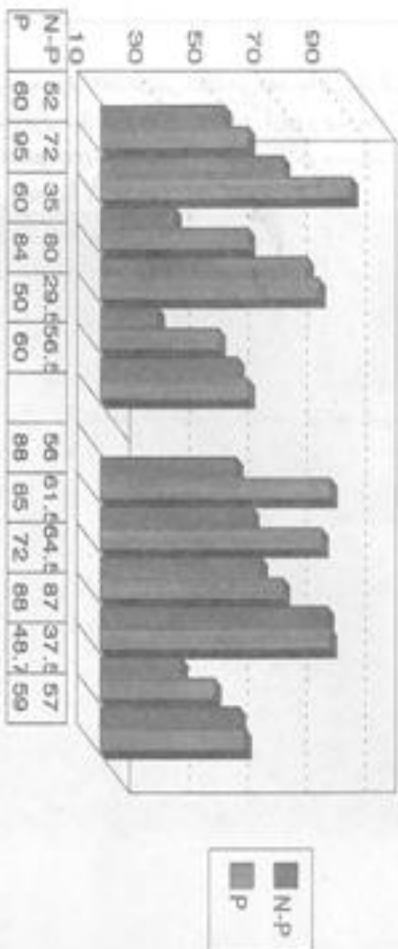
منابع تغییرات	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F محاسبه شده	F جدول	
					Z ₁	Z ₂
عامل A	1	۳۸/۱۹۱	۳۸/۱۹۱	۵۸/۰۳۳***	۷/۰۲	۳/۱۹
عامل B	۲	۷۹/۶۵۲	۳۹/۳۲۶	۶۰۵/۹۱۰۷***	۲/۹۵	۳/۱۲
از میانگین A	1	۱۹/۳۲۵	۱۹/۳۲۵	۱۵۰/۱۰۵۱***	۲/۹۵	۳/۱۲
عامل C	1	۲۰۷۲/۸۷۸	۲۰۷۲/۸۷۸	۳۱۵۲/۱۳۷۳***	۷/۰۲	۳/۱۹
از میانگین C	1	۱۸۰	۱۸۰	۲۷۳/۹۵۷***	۷/۰۲	۳/۱۹
از میانگین BC	1	۲۵/۹۵۸	۲۵/۹۵۸	۲۸/۶۹۹***	۲/۹۵	۳/۱۲
از میانگین ABC	1	۲۲/۵۴۹	۲۲/۵۴۹	۲۸/۳۸۹***	۲/۹۵	۳/۱۲
عامل D	1	۹۸۵/۳۹۲	۹۸۵/۳۹۲	۱۲/۶۸۸/۹۹۰***	۷/۰۲	۳/۱۹
از میانگین AD	1	۸/۸۰۲	۸/۸۰۲	۱۲/۳۸۰***	۷/۰۲	۳/۱۹
از میانگین BD	1	۲۷/۱۹۲	۲۷/۱۹۲	۲۰/۲۸۸***	۲/۹۵	۳/۱۲
از میانگین ABD	1	۲۵/۱۲۹	۲۵/۱۲۹	۲۶/۳۲۳***	۲/۹۵	۳/۱۲
از میانگین CD	1	۳۰/۹۰۶	۳۰/۹۰۶	۲۷/۰۱۲۳***	۷/۰۲	۳/۱۹
از میانگین ACD	1	۲/۲۶۲	۲/۲۶۲	۵/۱۱۳*	۷/۰۲	۳/۱۹
از میانگین BCD	1	۱۲/۲۱۸	۱۲/۲۱۸	۱۰/۲۰۵***	۲/۹۵	۳/۱۲
از میانگین ABCD	1	۷/۱۰۰	۷/۱۰۰	۵/۲۰۰۱***	۲/۹۵	۳/۱۲
خطا	۲۹	۲۵/۳۶۱	۰/۸۶۷			
کل	۳۵	۱۵۲۲/۶۶۰	%C.V = ۹/۸۷			

** معنی دار در سطح یک درصد

* معنی دار در سطح ۵ درصد

N.S معنی دار نیست

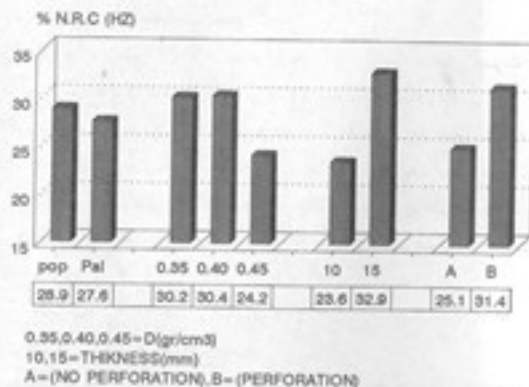
% S.A.C (2000 HZ)



شکل شماره (۱۱) اثر میانگین چهار عامل گوناگون (A)، (B)، (C)، (D) بر ضریب کاهش صوت در تخته خرده چوب عایق صوت در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در تخته خرده چوب عایق

شکل شماره (۱۳) اثر مستقل طرح سطح تخته را بر ضریب کاهش صوت (NRC) نشان می‌دهد. بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در طرح سطح تخته از نوع سوراخدار بدست آمده که نسبت به طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۲۰٪ افزایش نشان می‌دهد.

Particleboard



Pop = سوراخ
Pal = ضرایب نخل
A = 10 mm ضخامت
B = 15 mm ضخامت
0.35, 0.40, 0.45 = دانسیته

شکل شماره (۱۳) اثر مستقل عوامل متغیر بر ضریب کاهش صوت (NRC) در تخته خرد چوب عایقی را نشان می‌دهد.

۲-۳-۵-۲ اثر متقابل عوامل متغیر بر ضریب کاهش صوت (NRC):

- اثر متقابل گونه و دانسیته تخته:

بین سطوح مختلف گونه و دانسیته تخته بر ضریب کاهش صوت اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۱۰).

۱-۳-۵-۱ اثر مستقل عوامل متغیر بر ضریب کاهش صوت (NRC):

- اثر گونه چوب:

مقادیر اثر مستقل دانسیته گونه چوبی بر میزان ضریب کاهش صوت (NRC) در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول شماره ۱۰).

شکل شماره (۱۳) اثر مستقل گونه چوبی را بر ضریب کاهش صوت در گونه صنوبر نشان می‌دهد که نسبت به ضایعات نخل به میزان ۴۴٪ افزایش داشته است.

- اثر دانسیته:

مقادیر اثر مستقل بر میزان ضریب کاهش صوت (NRC) در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول شماره ۱۰).

شکل شماره (۱۳) اثر مستقل دانسیته را بر ضریب کاهش صوت نشان می‌دهد. بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در تیمار با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ بدست آمده که نسبت به دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به میزان ۲۱٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ در گروه اول (a) و تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ در گروه دوم (b) قرار گرفته است.

- اثر ضخامت تخته:

مقادیر اثر مستقل ضخامت تخته بر میزان ضریب کاهش صوت (NRC) در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول شماره ۱۰).

شکل شماره (۱۳) اثر مستقل ضخامت را بر ضریب کاهش صوت نشان می‌دهد. بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در ضخامت ۱۵ میلیمتر بدست آمده که نسبت به ضخامت ۱۰ میلیمتر به میزان ۲۸٪ افزایش یافته است.

- اثر طرح سطح تخته:

مقادیر اثر مستقل طرح سطح تخته بر میزان ضریب کاهش صوت (NRC) در سطح ۱ درصد معنی دار شده است (جدول شماره ۱۰).

بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $0.25 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان 3.7% افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمارهای با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و 0.35 و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه اول (a) و تیمار با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و طرح سطح تخته بدون سوراخ در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد.

- اثر متقابل ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب کاهش صوت (NRC)، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۱۰). بیشترین میزان ضریب کاهش صوت در تیمار به ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته بدون سوراخ بدست آمده که نسبت به تیمار به ضخامت ۱۰ میلی‌متر و طرح سطح تخته سوراخدار به میزان 2.8% افزایش یافته است. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) و تیمار به ضخامت ۱۵ میلی‌متر و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) قرار می‌گیرند.

- اثر متقابل گونه، دانسیته و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف سه عامل فوق بر ضریب کاهش صوت (NRC) اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۱۰). بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در تیمار با گونه صنوبر و دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلی‌متر بدست آمده که نسبت به تیمار گونه ضایعات نخل با دانسیته $0.25 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۰ میلی‌متر به میزان 2.9% افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) و تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلی‌متر در گروه دوم (b) جای گرفته‌اند.

- اثر متقابل گونه، دانسیته و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه، دانسیته و طرح سطح تخته بر ضریب کاهش صوت

بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.25 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ به میزان 2.3% افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمار گونه صنوبر با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ در گروه اول (a) و تیمار ضایعات نخل با دانسیته $0.25 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ در گروه دوم (b) قرار گرفته است.

- اثر متقابل گونه و ضخامت تخته:

بین سطوح مختلف گونه و ضخامت تخته بر ضریب کاهش صوت اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۱۰). بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلی‌متر بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۰ میلی‌متر به میزان 3.3% افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلی‌متر در گروه اول (a) و تیمار با دانسیته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ و ضخامت ۱۵ میلی‌متر در گروه دوم (b) قرار می‌گیرد.

- اثر متقابل گونه و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه و طرح سطح تخته بر ضریب کاهش صوت (NRC) اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده شده است (جدول شماره ۱۰). بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در تیمار با گونه صنوبر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان 2.3% افزایش نشان می‌دهد. در گروه‌بندی میانگینها به روش دانکن تیمار گونه صنوبر و طرح سطح تخته از نوع سوراخدار در گروه اول (a) و تیمار گونه ضایعات نخل و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) قرار می‌گیرند.

- اثر متقابل دانسیته و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف دانسیته و طرح سطح تخته بر ضریب کاهش صوت (NRC)، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده شده است (جدول شماره ۱۰).

$(\text{gr/cm}^3) 0.40$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه اول (a) و تیمار با دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.40$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ در گروه دوم (b) قرار گرفته‌اند.

- اثر متقابل گونه، دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه، دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب کاهش صوت (NRC) اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۱۰).

بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در تیمار با گونه صنوبر با دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.35$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر با دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.45$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۶۴٪ افزایش نشان می‌دهد. شکل شماره (۱۴) اثر متقابل گونه، دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب کاهش صوت نشان داده شده است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن مشاهده می‌شود که تیمار برتر فوق در گروه اول (a) و تیمار گونه صنوبر با دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.40$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) جای می‌گیرند.

ضریب کاهش صوت (NRC) عاملی کاربردی است که در مضارف مختلف صفحات اکوستیک مورد نظر قرار می‌گیرد. تخته‌های ساخته شده در این بررسی نشان داد که تخته‌هایی که از گونه صنوبر ساخته شده‌اند، بالاترین میزان ضریب کاهش صوت را داشته‌اند. دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.35$ بالاترین ضریب کاهش صوت را داشته است. ضخامت ۱۵ میلیمتر حداکثر میزان ضریب جذب صوت را داشته و نوع سطح تخته نیز از نوع سوراخدار بالاترین میزان ضریب کاهش صوت را واجد بوده است.

اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۱۰). بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در تیمار گونه صنوبر با دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.35$ و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر با دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.45$ و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۴۹٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) و تیمار گونه ضایعات نخل با دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.40$ و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) جای می‌گیرند.

- اثر متقابل گونه، ضخامت و طرح سطح تخته:

بین سطوح مختلف گونه، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب کاهش صوت اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۱۰). بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار گونه صنوبر به ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۷۵۰٪ افزایش نشان می‌دهد. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمار برتر فوق در گروه اول (a) و تیمار گونه ضایعات نخل و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار در گروه دوم (b) قرار می‌گیرند.

- اثر متقابل دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته:

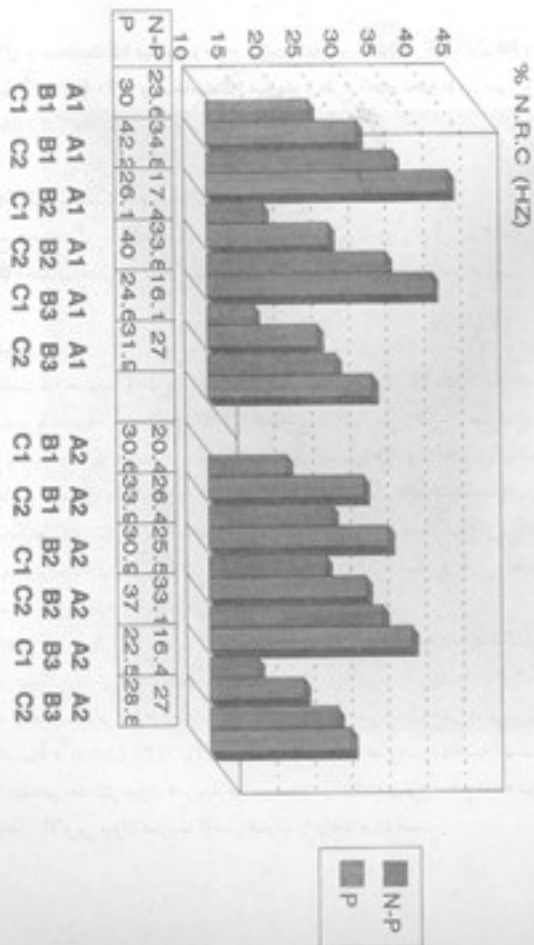
بین سطوح مختلف دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب کاهش صوت اختلاف معنی داری در سطح ۱ درصد مشاهده می‌شود (جدول شماره ۱۰). بالاترین میزان ضریب کاهش صوت در تیمار با دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.40$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار بدست آمده که نسبت به تیمار با دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.45$ و ضخامت ۱۰ میلیمتر و طرح سطح تخته بدون سوراخ به میزان ۵۸٪ افزایش یافته است. در گروه بندی میانگینها به روش دانکن تیمارهای با دانسیته $(\text{gr/cm}^3) 0.35$ و ضخامت ۱۵ میلیمتر و طرح سطح تخته سوراخدار و دانسیته

۵-۷. تجزیه و تحلیل:

تأثیر عوامل متغیر شامل گونه چوبی، دانسیته، ضخامت و طرح سطح تخته بر ضریب جذب صوت به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرند.

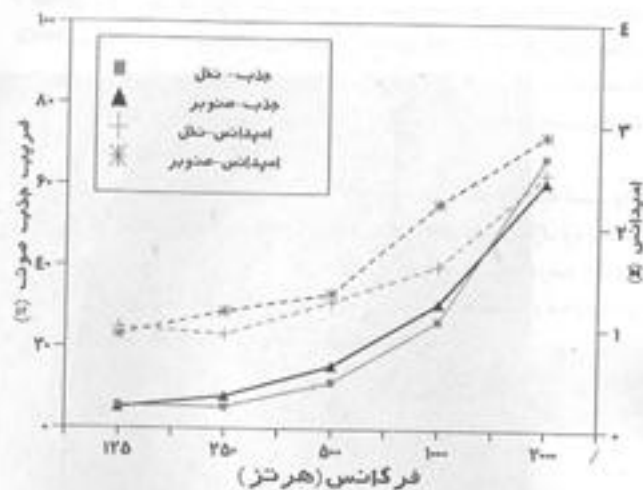
- گونه چوبی:

با در نظر گرفتن دو گونه صنوبر و ضایعات نخل و عکس‌العمل تخته‌های ساخته شده در این دو گونه بر ضریب جذب صوت در فرکانسهای مختلف می‌توان گونه چوبی را عاملی مهم برای ساخت این فرآورده عنوان کرد. در فرکانس ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز گونه صنوبر از ارزش بالاتری نسبت به ضایعات نخل برخوردار بوده است و تیمارهایی که با این گونه ساخته شده‌اند از قدرت جذب امواج صوتی بالایی برخوردار بوده‌اند. امپدانس صوتی در این فرکانسها در صنوبر مقاومت بیشتری از خود در مقابل نفوذ امواج صوتی نشان می‌دهند که می‌توان به افت انتشار صوت، پخش صوتی، پخش به صوت گرما را در این تخته‌ها عنوان کرد. نتایج امپدانس در این فرکانسها در گونه مورد نظر حالت معکوس داشته و به جای اینکه تخته‌هایی که ضریب جذب صوت بالایی دارند از امپدانس کمتری برخوردار باشند به دلایل ذکر شده مقاومت بیشتری در برابر نفوذ امواج صوتی از خود نشان می‌دهند. البته یکی از دلایل اصلی، استفاده از ضایعات نخل در فرکانسهای مورد بحث بوده است. در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز ملاحظه می‌شود که ضایعات نخل از میزان ضریب جذب صوتی بالایی بهره‌مند هستند و در این فرکانس عکس‌العمل تخته نسبت به جذب صوت، بالاتر از گونه صنوبر است. میزان امپدانس صوتی در این فرکانس جواب منطقی‌تری می‌دهد، تیمارهایی که ضریب جذب صوت بالایی دارند از امپدانس صوتی کمتری برخوردارند، که می‌توان نوع گونه را در ساخت این فرآورده مؤثر دانست. با توجه به اینکه تخته‌های ساخته شده از گونه صنوبر امپدانس بالایی دارند و در ضایعات نخل از امپدانس کمتری برخوردارند، بهتر است در فرکانسهای بالا از تخته‌های ساخته شده از ضایعات نخل به عنوان اکوستیک استفاده شود. در فرکانس کمتر از ۲۰۰۰ هرتز تخته‌های ساخته شده از گونه صنوبر مناسب‌ترند، ولی افت‌های مختلف صوتی، گرمایی در این تخته‌ها اجتناب‌ناپذیر است. در مورد



ضریب کاهش صوت NRC نیز می‌توان گفت تخته‌های ساخته شده از گونه صنوبر از قدرت جذب بهتری برخوردارند.

سوزوکی و همکاران (۱۹۸۶) از گونه را بر میزان جذب صوت مؤثر می‌دانند. آنان عنوان می‌کنند که در ۵ نوع فرآورده از جمله تخته لایه، تخته فیر سخت، تخته خرده چوب، چوب ماسیو و تخته ایزوله صوتی میزان جذب صوت تحت تأثیر گونه قرار داشته که تابعی از مقاومت R امپدانس مکانیکی به شمار می‌روند. آنان بیان کردند که مقاومت ترکیبهای امپدانس مکانیکی تابعی از گونه است. که R برای تخته لایه به میزان ۷/۶، برای تخته فیر سخت ۷/۶، تخته خرده چوب ۵/۵ برای چوب ماسیو ۵ و برای تخته ایزوله صوتی ۲/۵ است.



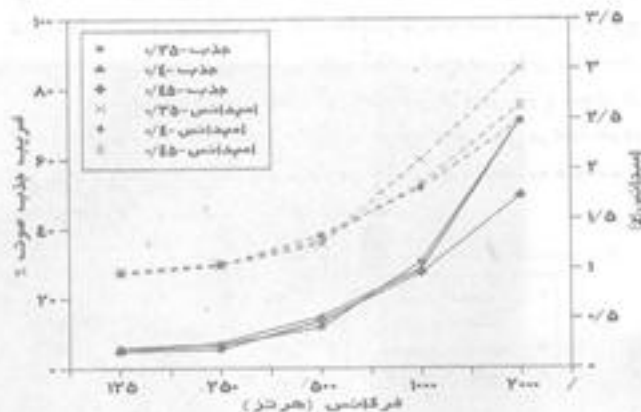
شکل شماره (۱۵) اثر مستقل ضریب جذب صوت را در گونه‌های مختلف در فرکانسهای مورد بررسی در تخته خرده چوب عایقی نشان می‌دهد.

- اثر دانسیته:

در این طرح سه دانسیته $۰/۲۵$ ، $۰/۴۰$ و $۰/۳۵$ (g/cm^3) جهت بررسی انتخاب شده‌اند. عکس‌العمل تخته‌های مورد نظر در برابر نفوذ امواج صوتی در فرکانسهای مختلف متغیر بوده و می‌توان آن را به قشر دگی تخته‌ها نسبت داد. در فرکانسهای ۱۲۵ و ۲۵۰ و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز تخته‌های با دانسیته $۰/۳۵$ (g/cm^3) حداکثر میزان ضریب جذب صوت را داشته که در اکثر تیمارهای ساخته شده در این فرکانسها قابل مشاهده است. به دلیل سبکی و خلل و فرج تخته‌های با این دانسیته، افزایش ضریب جذب صوت را ملاحظه می‌کنیم. در این فرکانس ۵۰۰ هرتز عکس‌العمل نفوذ امواج صوتی متفاوت از دو فرکانس ۱۲۵ و ۲۵۰ هرتز متفاوت بوده و مشاهده می‌شود که دانسیته

$0.40 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ حداکثر میزان جذب صوت را داشته است. ضریب کاهش صوت (NRC) در تخته‌های ساخته شده در دانسته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ از حداکثر میزان جذب برخوردار بوده است. میزان امپدانس صوتی تپارهای برتر در تخته‌های ساخته شده با دانسته $0.35 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$ در برابر امواج صوتی از مقاومت بالایی بهره‌مند است، به ویژه تخته‌هایی که با این دانسته از گونه صنوبر ساخته شده‌اند.

نتایج بدست آمده با تحقیقات هات چین سون (۱۹۷۸) مطابقت داشته است. وی عنوان می‌کند که جذب صوت در تخته خورده چوبهای ساخته شده از خاک اره بوسیله چسب اوره - فرم‌آلدئید جذب بالایی دارند. وی ابعاد ذرات، دانسته، درصد رطوبت خاک اره را در تولید آن مؤثر می‌داند. به خصوص مقدار بیهینه جذب و مقاومت در دانسته $0.380, 0.400$ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمده است.



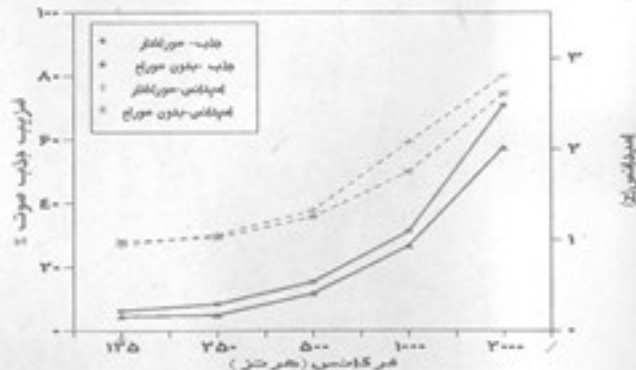
شکل شماره (۱۶) اثر مستقل ضریب جذب صوت را در دانسته‌های مختلف و در فرکانسهای مورد بررسی در تخته خورده چوب عایقی نشان می‌دهد.

ضخامت تخته:

با در نظر گرفتن دو ضخامت ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر در این بررسی و جذب صوت توسط تخته‌ها در فرکانسهای مختلف مشاهده می‌شود که در فرکانس ۱۲۵ هرتز اغلب در ضخامت ۱۰ میلی‌متر افزایش جذب صوت داشته‌ایم که به دلایلی مختلف افت صوتی، گرمایی و شدت کم امواج در این فرکانس و هدم جذب مناسب در ضخامت‌های مختلف بوده است. در فرکانسهای ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز، ضخامت ۱۵ میلی‌متر از حداکثر میزان ضریب جذب صوت برخوردار بوده است. ضریب کاهش صوت (NRC) نیز در ضخامت ۱۵ میلی‌متر از حداکثر میزان جذب صوت برخوردار بوده است.

نتایج بدست آمده با تحقیقات کلنن (۱۹۵۱) مطابقت داشته است. وی چنین عنوان

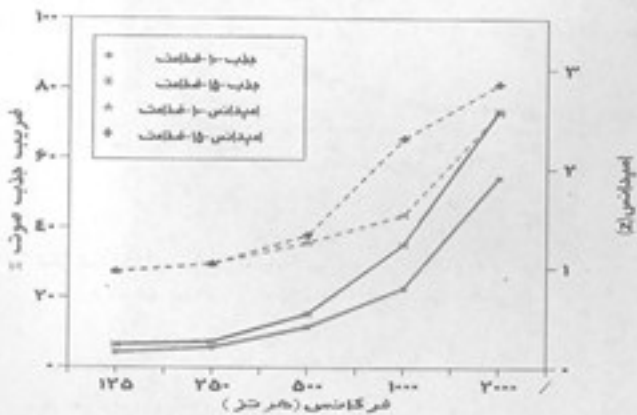
می‌کند. طرح سطح تختة خرده چوب عایقی از نوع سوراخدار و با طرح سوراخ درشت و ریز به فواصل مشخص در این بررسی انتخاب شده‌اند. با قاطعیت می‌توان عنوان کرد که نوع سوراخدار آن به نوع ساده آن برتری دارد. در فرکانسهای مورد بررسی در این تحقیق، فرکانسهای ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز و ضریب کاهش صوت NRC سطوحی که سوراخ داشته‌اند از میزان جذب صوت بالایی بهره‌مند بوده‌اند.



شکل شماره (۱۸) اثر مستقل ضریب جذب صوت در سطوح متفاوت تخت در فرکانسهای مورد بررسی را در تختة خرده چوب عایقی نشان می‌دهد

نتایج بدست آمده با بررسیهای تاکاهاشی و همکاران (۱۹۷۳) تقریباً یکسان است. آنان چنین بیان می‌دارند که ضریب جذب صوت و افت انتقال صوت در تختة‌های ساخته شده مختلف در اتاق برگشت صدا (Reverberation chamber) به شرایط سطح صفحه‌ها بستگی مستقیم دارد. آنان بررسی کردند که در تمام صفحات مورد مطالعه

می‌کند که تختة فیبر عایق و تختة پشم چوب در فرکانس بالا جذب بهتری داشته و با زیاد شدن ضخامت این ضریب افزایش می‌یابد. تختة پشم چوب به علت داشتن خلل و فرج زیادتر جذب بهتری نیز دارد. داولی حساسیت آن به فرکانس امواج صوتی قابل توجه است. نیمز و پلوتیکف (۱۹۸۸) نیز ضخامت را عامل مهمی در پخش امواج صوتی در فرآورده‌های چوبی می‌دانند، آنان عنوان می‌کنند که نفوذ امواج صوتی در تختة خرده چوب ۱۶ میلیمتری دست ساز آزمایشگاهی از گونه‌های مختلف به ضخامت و ساختمان سلولهای چوبی بستگی مستقیم داشته است.



شکل شماره (۱۷) اثر مستقل ضریب جذب صوت را در ضخامتهای مختلف در فرکانسهای مورد بررسی در تختة خرده چوب عایقی نشان می‌دهد

طرح سطح تختة

طرح سطح تختة یکی از عوامل متغیر و اساسی در جذب صوت بوده و تمام صفحات اکوستیک مورد مصرف در بازار از طرحهای مختلف این فرآورده استفاده

ع/استنتاج

در این بررسی اثر عوامل مختلف مربوط به تخته خرده چوب عایقی بر ضریب جذب صوت مورد مطالعه قرار گرفت. در مورد گونه چوبی تخته‌های ساخته شده از گونه صنوبر حداکثر میزان ضریب جذب صوت را داشته‌اند و می‌توان از این گونه به‌طور وسیع در ساخت تخته‌های اکوستیک به صورت فرآورده‌های مرکب استفاده کرد. در این مطالعه مشخص شد که ضایعات کشاورزی مانند ضایعات نخل می‌تواند جهت ساخت تخته‌های اکوستیک مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر است که در این تحقیق ضایعات نخل امپدانس صوتی بالایی، نسبت به گونه صنوبر، داشته و بهتر است که استفاده از این ضایعات با دانسته تخته بالاتر مورد توجه قرار گیرد.

ضریب کاهش صوت (NRC) نیز در این بررسی نشان داد که تخته ساخته شده از صنوبر بالاترین میزان کاهش صوت را داشته و در مصارفی که افت صوتی مورد نظر باشد استفاده از این تخته‌ها پیشنهاد می‌گردد.

دانسته تخته خرده چوب عایقی نیز بر جذب صوت تأثیر قابل توجهی داشته است. با آزمای‌های مختلف جذب صوت در تخته‌های ساخته شده با دانسته (gr/cm^3) ۰/۴۵ و ۰/۴۰ و ۰/۳۵ مشخص شد که در اکثر فرکانسهای مورد بررسی دانسته (gr/cm^3) ۰/۳۵ به دلیل سبکی و فشردگی کمتر باعث جذب بهتر امواج صوتی شده است. به‌طور کلی جذب صوت توسط چوب یا تخته خرده چوبی عایقی در فرکانسهای مختلف متفاوت بوده و می‌توان گفت که عموماً اتلاف صوتی در فرکانسهای پایین‌تر از ۱۰۰۰ هرتز به قدری به کندی صورت می‌گیرد که ممکن است ناگهان آن را نادیده گرفت. با این همه در آخر عمل تمام انرژی صوتی تنزل پیدا می‌کند و به شکلی از انرژی گرمایی در می‌آید. علت این اتلاف را می‌توان به دو قسمت عمده دسته‌بندی کرد. اول آنکه اتلاف انرژی صوتی در داخل چوب یا تخته خرده چوب عایقی هنگامی که انتقال صوت در آن بوجود می‌آید و دوم اینکه به خواص مصالحی مربوط است که چوب و فرآورده‌های آن را محصور ساخته‌اند.

اتلاف قسمت اول وقتی قابل ملاحظه است که حجم چوب در مقایسه با حدودی که آن را احاطه کرده است، نسبتاً زیاد باشد مانند وقتی که موج‌های صوتی در سالن بسیار بزرگ منتشر می‌گردد. این اتلاف را می‌توان به سه علت اصلی نسبت داد که عبارتند از:

صفحاتی که سوراخ‌های درشت، شکافدار یا خالی شده داشتند از جذب صوت بیشتری برخوردار بودند. وقتی از صفحات با سطوح نرم استفاده کردند (مانند تخته خرده چوب یا روکش تخته لایه) رابطه کمی با رفتار ارتعاشهای صفحات را ملاحظه کردند و نتیجه گرفتند که این قبیل تخته‌ها از ضریب جذب کمتری برخوردارند. آنان همچنین ذکر می‌کنند که در فرکانسهای پایین جذب صوت در این مصالح کمتر از فرکانسهای بالا است و افت انتقال صوت برای این مواد به سرعت با افزایش فرکانس زیاد شده بود.

۷- پیشنهادات

در این مطالعه اثر عوامل مهم در تختة خرده چوب عایقی مورد بررسی قرار گرفت، بنابراین ضروری به نظر می‌رسد که با توجه به نتایج بدست آمده، موارد زیر نیز مورد نظر قرار گیرند:

۱- دربارهٔ ضریب جذب صوت که در موارد استفاده صنعتی از صفحات اکوستیک مورد نظر قرار می‌گیرند در این بررسی به تفصیل بحث شد. بنابراین سرعت صوت در چوب، سرعت انتشار و پخش امواج در بافتهای مختلف چوبی به دلیل وسعت کار، کمتر توجه شد. ضروری به نظر می‌رسد که این دو مبحث نیز مورد مطالعه قرار گیرند.

۲- فرکانسهای مورد بررسی در این مطالعه که ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز بودند مورد نظر قرار گرفت و اثر فرکانس ۱۲۵ هرتز که پایین‌ترین فرکانس مورد مطالعه بود، به دلایل اقل‌های مختلف و بافت ویژهٔ چوب نوسانهایی داشت که ضروری است دو فرکانس ۳۲ و ۶۳ هرتز نیز در دامنه پایین و فرکانس ۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ و بیش از ۸۰۰۰ هرتز نیز مورد توجه قرار گیرند.

۳- ساخت تختة خرده چوب عایقی که یکی از مهمترین کاربردهای صنعتی استفاده از چوب و ضایعات کشاورزی به شمار می‌رود، در این بررسی مورد توجه قرار گرفت و مشاهده شد که جوابی بسیار مطلوب نسبت به مواد پلاستیکی، معدنی و شیمیایی ارائه کرد. بنابراین ضروری است که دانشپژوهان دیگر از جمله $(\text{gr/cm}^3) 30/100/250$ با گونه‌های دیگر نیز مورد توجه قرار گیرند.

۵- صفحات جذب صوت در سالنها و آمفی‌تئاترها و غیره معمولاً با مصالح دیگری از قبیل روکشهای چوبی، گچ، سیمان، رنگ همراهند، بنابراین لذا جا دارد تجارهایی که استفاده از این نوع مصالح را به صورت ترکیبی مطالعه نمایند، مورد نظر قرار گیرند.

اتلاف بر اثر تغییراتی ذاتی؛ وقتی رخ می‌دهد که در تختة خرده چوب عایقی معایبی چون دانسته، پوسیدگی و ... وجود داشته باشد. اتلاف بر اثر هدایت گرمایی؛ وقتی که چوب یا تختة خرده چوب عایقی در حال ارتعاش است گرما از قسمت متراکم که دمای آن بیشتر است به سمت قسمت مجاور که دمای کمتری است جاری می‌گردد و در نتیجه این انتقال گرما، فشار محیط (تختة خرده چوب عایقی) به سمت تعادل گرایش پیدا می‌کند. این پدیده به تدریج دامنه موج‌ها را در حین انتشار در محیط کاهش می‌دهد و اتلاف انرژی صوتی؛ (اتلاف بر اثر مبادله‌های مولکولی انرژی) که تمام با تغییرات ساختمانی مولکولهای محیط صورت می‌گیرد و به دلیل محدود بودن زمانی است که تا صرف این تغییرات می‌گردد.

وقتی دورهٔ موج‌های اکوستیکی قابل مقایسه باشد، با زمانی که لازم است تا قسمتی از انرژی تختة خرده چوب عایقی متراکم به انرژی داخلی تبدیل گردد صرف ارتعاشهای مولکولی می‌شود. در این صورت چون در موقع انبساط تختة خرده چوب عایقی در برگشت قسمتی از این انرژی به تختة عایق منبسط تأخیر دست می‌دهد، این تأخیر سبب می‌گردد که فشار درون چوب یا تختة خرده چوب عایقی به تدریج رو به تعادل گذارد و در نتیجه دامنهٔ ارتعاشهای موج‌های اکوستیکی کاهش یابد.

به‌طور خلاصه می‌توان خواص صوتی مصالح چوبی در این بررسی را به صوت زیر خلاصه کرد:

۱- ضریب جذب صوت یک جسم خلل و فرج دار با افزایش فرکانس از ۱۲۵ تا ۲۰۰۰ هرتز زیاد می‌شود.

۲- ضریب جذب صوت زیاد برای فرکانسهای پایین (بم) با ضخامت زیاد جسم خلل و فرج دار و کم بودن فشردگی آن بستگی دارد.

۳- با توجه به کمبود مادهٔ اولیه چوبی در کشور، در مورد مصرف صفحات اکوستیکی می‌توان با به وجود آوردن سوراخ‌های مختلف در سطح تخته‌ها و کم کردن ضخامت، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در ماده اولیه انجام داد.

۴- استفاده از گونه‌های مناسب مانند صنوبر به صورت تختة خرده چوب عایقی از آن، باعث کاهش امپدانس صوتی و افزایش جذب صوت شده و از اتلاف‌های مختلف جلوگیری می‌کند.

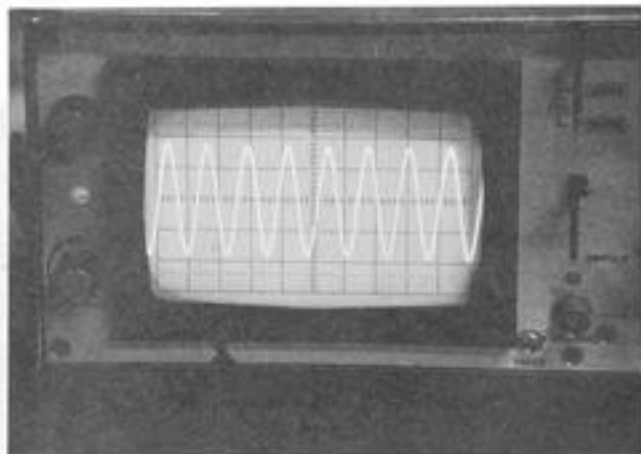
منابع و مأخذ

- ۱- ابراهیمی، قنبر ۱۳۶۸. مکانیک چوب و فرآورده‌های مرکب آن، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- اسماعیل بیگی، ش و بزرگشلی، م ۱۳۶۴. مبانی اکوستیک، انتشارات امیرکبیر.
- ۳- بصیری، عبدالله ۱۳۶۸. طرحهای آماری در علوم کشاورزی، انتشارات دانشگاه شیراز.
- ۴- بهلکه، محمد ۱۳۶۷. نفوذ کنندگی‌های صوتی حالت جامد، مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- ۵- پارسایزاده، داود ۱۳۶۳. تکنولوژی چوب، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۶- پارسایزاده، داود ۱۳۷۳. جزوه درسی تشریح و آناتومی چوب تکمیلی. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۷- جهان‌تبیاری، احمد ۱۳۶۵. تکنولوژی تهیه چسب. جزوه درسی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۸- حسین زاده، ع و جهان‌تبیاری، ا و ابراهیمی، ق. ۱۳۷۱. تکنولوژی تهیه تخته فایبر، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع - تهران.
- ۹- دوست حسینی، کاظم ۱۳۶۷. فرآورده‌های لایه‌ای پاخته‌های چند لایه، جزوه درسی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۱۰- دوست حسینی، کاظم و یاسینی، علی اکبر ۱۳۷۴. استفاده از آرد چوب به عنوان فیلر رزین اوره فرم - آلدئید در ساخت فرآورده‌های لایه‌ای چوب، مجله منابع طبیعی، شماره ۴۷، انتشارات دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
- ۱۱- عنایتی، علی اکبر ۱۳۶۸. جزوه درسی تخته خرد چوب. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۱۲- لیاقتی، غلامعلی ۱۳۶۹. اکوستیک در معماری انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- ۱۳- ملکی، مجید، دیبائی‌نیا، بیژن ۱۳۶۹. روشهای اندازه‌گیری در مهندسی. انتشارات جهاد دانشگاه و دانشکده صنعتی اصفهان.

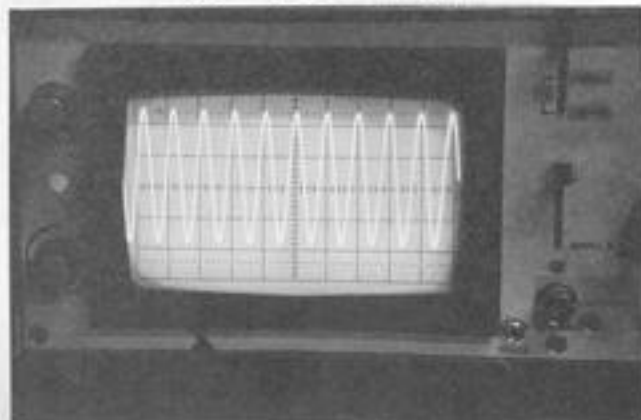
- 14- American Society for Testing and Materials 1990, Standard test method for impedance and absorption of acoustical materials by the impedance tube method ASTM. C 384-90a.
- 15- American Society for Testing and Materials 1990, Standard test method.
- 16- Beall, PC. 1986. Effect of resin content and density on acoustic emission from particleboard during internal bond testing. Forest - products - journal. 36:7/8, 29-33.
- 17- Dunlop, JL. 1980. Testing of particleboard by acoustic techniques, wood - science - and - technology. 14: 1. 69-78.
- 18- Fiber building board technical information. 1983. product data sheet. Fiddor. PD/6 (Edition 2).
- 19- Fiber building board technical information 1973. Design data sheet. Fiddor. Dd/4.
- 20- Gfeller, BI Katuscak, S. Holmlueller, S. 1994. Interaction between organisms and the materials used in building construction Holzforchung - und - Holz verwertung. 46/2. 25-27.
- 21- Godshall, WD and Davis, JH. 1969 Acoustical absorption properties of wood - base panel material. U.S. For. Serv. Res. Pap. U. S. For Prod. Lab., Madison No. FPL 104, PP. 8.
- 22- Halme, A. 1979. Sound absorbing properties of wooden building elements. Gernam Federal Republic. European Federation of particleboard Associations: Particle board - today and tomorrow. International particle board symposium, FESYP, 78, 18-20 sept. 1978, congress centrum, Hamburg. 224-253. Stuttgart, German Federal Republic, DRW - Verlay weisbrenner KO.
- 23- Hutchinson, JAE. 1978. sound absorption of bonded hardwood sawdust.

- 22 PP. 4. ref. 1PL. TRADA melbourne . Australia CSIRO Division of Building Research.
- 24- Kent, A. and McDonald. 1978. Lumber Quality evaluation using ultrasonic. 4TH non Destructive testing of wood symposium Agust 28-29-30 Vancouver Washington.
- 25- Kenworthy, RW and burnam, T.D. 1951. The absorption coefficients of fir plywood panels. *Journal of the Acoustical society of America*, Lancaster. Pa. 23(5), (531). 1 ref.
- 26- Kollmann, F. 1963. Investigations on the abrasion resistans of wood - based material, and floor coverings, *Holz Roh - U. Werkstoff* 21(7), (245-256).
- 27- Kollmann, F.F.P. and W.A Cote, Jr. 1968 Principles of wood science and technology Val 1: Solid wood
- 28- Lebedev. VS. Golubov, IA. Prokof' ev. ns. 1971. Effect of technological factors on the acoustic and physical and mechanical properties of particleboards. *Derer. Prom.* 20(6). (12-15).
- 29- Narasimhar, T and Asthana, SK. 1961. Acoustical transmission loss of small - sized saw boards. *J. Sci. industr. Res. India* 20 D (612), (459-461).
- 30- Niemi, P and Hansel, A. 1988. Determination of important factors influencing acoustic emission from wood and wood - based materials. *Holz technologie*, 29: 2, 79-81, 111.
- 31- Niemi, P and Hansel, A and schweitzer F. 1988. Investigations on Selected Factors affecting the acoustic emission of solid wood and wood - based materials *Holz technologie*. 30: 1,44-47.
- 32- Okumura. and kawamoto's and toyota, m and noguchi, m 1988. Propagation properties of AE waves in wood. *Bulletin - of - the - kyoto -*

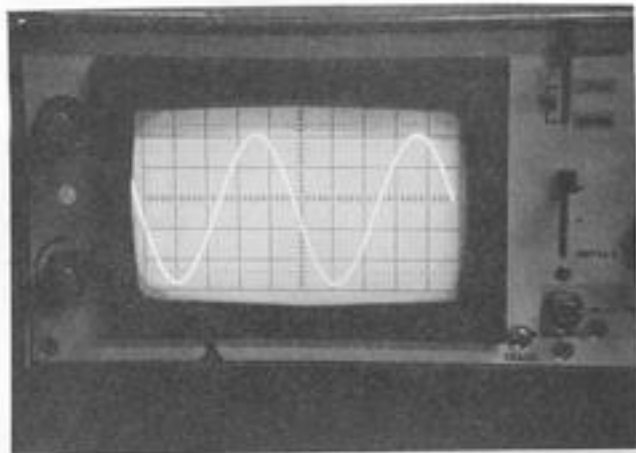
- university - Forests. No. 60, 299-309.
- 33- Plywood and other wood - based panels (FAO). 1978. Walls floors - roofs - ceiling pag 141-142.
- 34- Prieserzw. 1968. Acoustics of rooms with wood and wood - based materials. *Holztechnik* 48(2) (56-65).
- 35- Shoji, o and Gwo, sh. H. and Masami, N 1993. Estimation of bonding strenght of wood glued with resorcinol resin after accelerated Aging tests utilizing Acoustic Emissions. *Mokuzaigakkaishi - Journal - of - the - Japan - wood - Research - society*. Vol. 39, No. 2 P. 174-180.
- 36- Sitova, AE, 1967, Drying schedules for norway resonance wood *Derer. Prom.* (8). (10-12).
- 37- Suzuki, m and Kojima, y and kuyasu, m. 1986. Relationship between sound transmission loss of wood - based panels at low frequencies and resistive term - mokuza - Gakkaihi - *Journal - of - the - Japan - wood - Research - Society*. 32: 3, 155-162-10.
- 38- Takahashi, A and Tanaka, C and Ikegami, y and senama - I and Iwashige, H. 1973. on the sound absorbing coefficient and transmission loss of wood - based materials. *Bulletin - of - the - faculty - of - Agriculture - schimabce - university*. No. 7 separate Issue. 69-79.



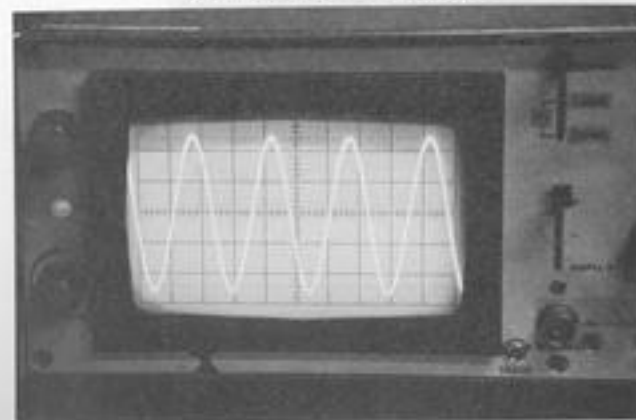
شکل و گره تولید شده در فرکانس ۵۰۰ هرتز



شکل و گره تولید شده در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز



شکل و گره تولید شده در فرکانس ۱۲۵ هرتز



شکل و گره تولید شده در فرکانس ۲۵۰ هرتز