

## امکان برآورد برخی از خواص آکوستیکی ورق تخته خرده چوب توسط آزمون ارتعاش مکانیکی صفحه

محمد رضا غزنوی<sup>۱\*</sup>، مهران روح نیا<sup>۲</sup> و عبدالصابر یغمایی پور<sup>۳</sup>

\*- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

پست الکترونیکی: [Mohamadreza\\_ghaznavi@yahoo.com](mailto:Mohamadreza_ghaznavi@yahoo.com)

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۰

### چکیده

در این تحقیق به بررسی امکان اندازه گیری برخی از خواص آکوستیکی صفحات تخته خرده چوب از جمله "ضرب آکوستیک" و "کارایی تبدیل آکوستیک" با استفاده از روش آزمونی غیر مخرب ارتعاشی پرداخته شد. برای نیل به این مقصود از تخته خرده چوب هایی با ابعاد مختلف ۵۰×۵۰، ۱۰۰×۵۰ و ۱۵۰×۵۰ سانتی متر استفاده شد. از هر یک از صفحات تخته خرده چوب سه تکرار تهیه شد و پس از یکسان سازی شرایط نمونه ها از لحاظ رطوبت نسبی و دما، و همچنین اندازه گیری وزن و ابعاد آنها، آزمون ارتعاش خمشی بر روی هر کدام از صفحات دو سر آزاد انجام گردید. به منظور حصول اطمینان از صحت نتایج، تخته ها به تیرهایی با ابعاد ۱۶×۵۰×۵۰ میلی متر تبدیل شدند و آزمون های ارتعاش خمشی با همان کیفیت انجام شده در مورد صفحات، بر روی آنها نیز اعمال گردید. سپس نتایج بدست آمده از آزمون ارتعاش خمشی تیرها و صفحات با هم مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصل شده بیانگر آن بودند که با به کارگیری روش آزمونی مورد استفاده در این تحقیق می توان فاکتورهای ضرب آکوستیک و کارایی تبدیل آکوستیک را در صفحات تخته خرده چوب با دقت مناسبی ارزیابی نمود.

واژه های کلیدی: تخته خرده چوب، صفحه، آزمون غیرمخرب، ارتعاش، کارایی تبدیل آکوستیک، ضرب آکوستیک.

### مقدمه

رشد و توسعه قابل ملاحظه ای یافته اند. امروزه به دلیل رقابت شدیدی که در تولید پانل های چوبی در جهان وجود دارد، توجه زیادی به کیفیت و خواص کاربردی این فراورده ها معطوف شده و پیشرفت های قابل ملاحظه ای نیز بدست آمده است (پارسا پژوه، ۱۳۸۴). از این رو آگاهی از خصوصیات مواد چوبی به منظور درک رفتار چوب و کارایی آن امری حیاتی می باشد (Ross et al., 2005).

تخته خرده چوب فرآورده ای چوبی و صفحه ای شکل است که از مخلوط خرده چوب با سایر مواد لیگنوسلولزی و مواد چسبنده به کمک فشار و حرارت ساخته می شود. صنایع تخته خرده چوب به دلیل استفاده از چوب های کم ارزش و پسماندهای چوبی و لیگنوسلولزی برای تولید پانل هایی با خواص کاربردی مطلوب، در نیم قرن اخیر

Tsoumis در سال ۱۹۹۱ بیان کرد که ضریب آکوستیک می‌تواند ملاک مناسبی برای انتخاب چوب مورد استفاده در ادوات موسیقی باشد. Obayata و همکاران در سال ۲۰۰۰ اعلام کردند که چوب‌های مناسب برای استفاده در صفحات صدا باید از کارایی تبدیل آکوستیک بالایی برخوردار باشند. Runijiran و همکاران در سال ۲۰۰۵ به این نتیجه رسیدند که گونه‌های سوزنی برگ مناسب برای ساخت جعبه‌های تشدید صدا باید از کارایی تبدیل آکوستیک بالایی برخوردار باشند. Wegst (۲۰۰۶) فاکتور میرایی و ضریب انتشار صوت را از مهمترین خواص آکوستیکی در انتخاب مواد مورد کاربرد در صفحات تشدید صدا معرفی نمود.

در ادامه مطالعات انجام شده گذشته بر روی کیفیت آکوستیکی چوب و مواد چوبی، هدف بر این است که در این تحقیق نیز امکان اندازه‌گیری پارامترهای کارایی تبدیل آکوستیک و ضریب آکوستیک که از فاکتورهای مهم در برآورد ویژگی آکوستیکی یک جسم برای استفاده در صفحات تشدید صدا می‌باشند توسط روش آزمونی غیرمخرب ارتعاش آزاد در صفحات دو سر آزاد مورد بررسی قرار گیرد.

## مواد و روشها

### مبانی نظری

ضریب آکوستیک (AC) یکی از پارامترهای مهم در برآورد ویژگی آکوستیکی یک جسم می‌باشد و تحت تأثیر مدول الاستیسیته (E) و جرم ویژه ( $\rho$ ) می‌باشد و از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌گردد. هر چه مقدار این ضریب در چوب بالاتر باشد، آن چوب برای استفاده در آلات موسیقی و به خصوص برای استفاده در صفحات مرتعش

به همین منظور آزمون‌های غیرمخرب (NDT)<sup>۱</sup> در سال‌های اخیر به سرعت توسعه قابل ملاحظه‌ای یافته‌اند (Bodig, 1982).

برای پذیرفتن روش‌های جدید آزمونی باید قابل مقایسه بودن نتایج آنها و همچنین مزایای انجام آزمون‌های جدید مورد توجه قرار گیرد (Roohnia et al., 2006). آزمون‌های غیر مخرب از بین روش‌های دینامیکی برای حل این نوع مشکل‌ها ابداع شدند، به طوری که اولاً شکست نمونه را به همراه ندارند و دوم اینکه زمان تلف شده در آنها کمتر است. این آزمون‌ها یک روش سریع و مؤثر برای ارزیابی خواص مکانیکی و آکوستیکی مواد محسوب می‌شوند، بدون آنکه بر خواص فیزیکی و مکانیکی و شیمیایی آنها تأثیر بگذارد (Liang et al., 2007). یکی از مهمترین روش‌های آزمون غیر مخرب که در سال‌های اخیر بسیار مورد استفاده قرار گرفته، روش ارتعاشی بوده است (Roohnia et al., 2006).

تکنولوژیهای آکوستیکی به‌عنوان یک تکنیک غیر مخرب کارآمد برای ارزیابی کیفیت چوب و محصولات چوبی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Amishev et al., 2008).

تاکنون تأثیر سه فاکتور میرایی ارتعاش<sup>۲</sup>، ضریب آکوستیک (AC)<sup>۳</sup> و کارایی تبدیل آکوستیک (ACE)<sup>۴</sup> بر روی کیفیت و کارایی صفحات تشدید صدا به اثبات رسیده است. به طوری که محققان اعتقاد دارند که برای کاربرد بهینه چوب در صفحات مذکور باید میرایی چوب پایین و ضریب آکوستیک و کارایی تبدیل آکوستیک آن بالا باشد (Wegst, 2006).

1- Non-Destructive Test

2 -Damping

3 -Acoustic Coefficient

4 -Acoustic Converting Efficiency

کارخانجات تولیدی شמושک با ابعاد  $۱/۸۳ \times ۲/۷۵$  متر تهیه گردید. بدین منظور اوراق تخته خرده چوب که از لحاظ ظاهری فاقد هرگونه عیب بودند در سه اندازه با ابعاد اسمی  $۵۰ \times ۵۰$  سانتیمتر (تخته شماره ۱)،  $۵۰ \times ۱۰۰$  سانتیمتر (تخته شماره ۲) و  $۵۰ \times ۱۵۰$  سانتیمتر (تخته شماره ۳) برش داده شد. از هر کدام از نمونه‌ها ۳ سطح (۳ تکرار) تهیه شد. بنابراین در مجموع ۹ نمونه آزمایشی به دست آمد. پس از یکسان‌سازی شرایط نمونه‌ها از لحاظ رطوبت تعادل و دما، ابعاد نمونه‌ها با استفاده از کولیس با دقت  $۰/۰۱$  میلی‌متر اندازه‌گیری شد و بعد وزن هریک از نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت اندازه‌گیری  $۰/۰۱$  گرم توزین شدند.

برای انجام مراحل آزمون ارتعاش در صفحات آزمونی همانند آزمون ارتعاش آزاد در تیر دو سر آزاد عمل گردید. به این ترتیب که در ابتدا گره‌های مدول ارتعاش خمشی در  $۰/۲۲$  طول در دو طرف صفحات آزمونی مشخص و نمونه از این نقاط بر روی تکیه‌گاه الاستیک قرار گرفته (شکل ۱) و آزمون ارتعاش آزاد در تیر دو سر آزاد بر روی نمونه‌های صفحه‌ای انجام شد (Harris, 2002). بدین ترتیب که میکروفون را در قسمت مرکزی یکی از دو انتهای نمونه قرار داده و توسط چکش به انتهای دیگر نمونه ضربه وارد شد. صدای حاصل از ارتعاشات به صورت فایل‌های صوتی با میزان نمونه‌برداری  $۴۴۱۰۰$  هرتز ذخیره شدند. لازم به ذکر است که ضبط صدا با استفاده از نرم‌افزار Audacity انجام گردید. فرکانس نمونه‌برداری صوتی توسط سیستم ایرانی NDT-lab<sup>®</sup> (Roohnia, et al., 2006) با همان فرکانس قرائت گردید. با ورود اطلاعات ابعاد واقعی و وزن نمونه‌ها، به سیستم ذکر شده، محاسبات مربوطه انجام شد (Roohnia, et al., 2006). انجام محاسبات آزمون ارتعاش خمشی بر

مورد استفاده در جعبه تشدید صدا مناسب‌تر می‌باشد. طبق رابطه ۱ هر چه قدر جرم ویژه چوب کمتر باشد و در عوض مدول الاستیسیته آن بالاتر باشد آن چوب راحت‌تر مرتعش شده و ارتعاش در آن دیرتر میرا می‌شود.

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} \quad (۱)$$

که در آن  $K$  ضریب آکوستیک،  $E$  مدول الاستیسیته و  $\rho$  جرم ویژه چوب می‌باشد. کارایی تبدیل آکوستیک (ACE) نیز مانند ضریب آکوستیک یکی از فاکتورهای مهم آکوستیکی چوب‌آلات مورد استفاده در صفحات تشدید صدا می‌باشد. این فاکتور که با میرایی نسبت عکس دارد از طریق رابطه شماره ۲ محاسبه می‌گردد. هر چه مقدار ACE بیشتر باشد، چوب از لحاظ آکوستیکی دارای شرایط بهتری برای انتخاب جهت کاربرد در صفحات مذکور را دارد.

$$ACE = \frac{K}{\tan \delta} \quad (۲)$$

که در آن  $\delta \tan$  فاکتور میرایی ارتعاش می‌باشد. این فاکتور در واقع شاخصی از افت ارتعاش در واحد زمان می‌باشد و از طریق روابط ۳ و ۴ محاسبه می‌گردد.

$$\tan \delta = \frac{\lambda}{\pi} \quad (۳)$$

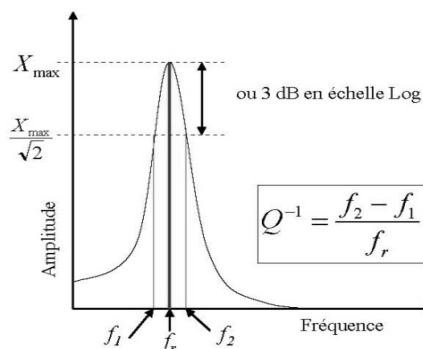
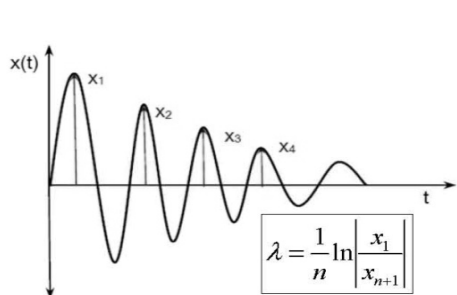
$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \left| \frac{x_1}{x_{n+1}} \right| \quad (۴)$$

### روش انجام آزمون

نمونه‌های مورد استفاده در این آزمون از صفحات تخته خرده چوب خروجی از پرس محصولات

(Yen Ko, 2005). سپس به منظور حصول اطمینان

اساس تئوری تیر تیموشنکو بود (Tsoumis, 1991; Yung-)



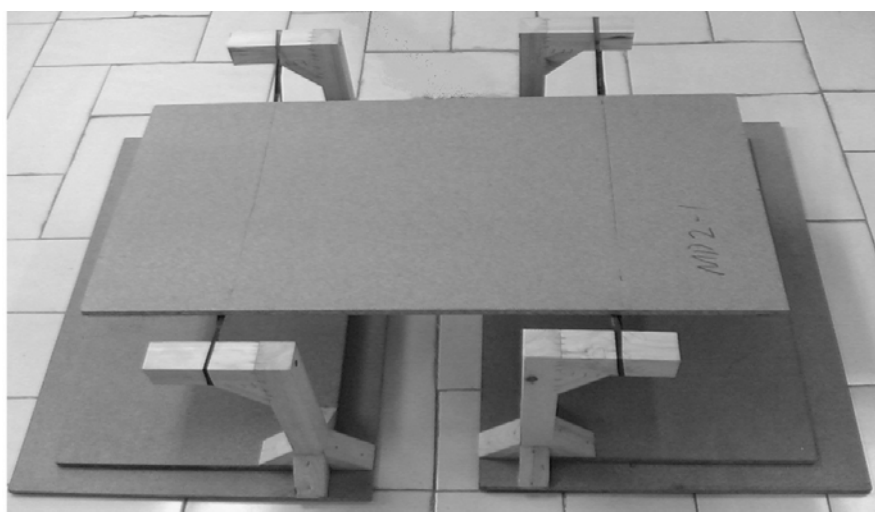
شکل ۱- نمایش فاکتور کاهش: سمت چپ به روش لحظه‌ای با استفاده از کاهش لگاریتمی  $\lambda$ ، و سمت راست به روش فرکانسی با استفاده از پهنای باند قله بلندی ارتعاش (فاکتور کیفیت Q)

فاکتور آکوستیکی "کارایی تبدیل آکوستیک (ACE)" و "ضریب آکوستیک (AC)" در آزمون ارتعاش خمشی صفحات تخته خرده‌چوب، مقادیر بدست آمده از فاکتورهای ذکر شده در هرکدام از صفحات توسط نمودار ابر نقاط با نتایج بدست آمده حاصل از آزمون تیرهای استخراج شده از آنها مورد مقایسه قرار گرفت.

از صحت نتایج آزمون، از هرکدام از صفحات سه تیر با ابعاد اسمی  $16 \times 50 \times 50$  میلی‌متر تهیه شد و آزمون ارتعاش خمشی در تیر دو سر آزاد با کیفیت ذکر شده بر روی هر یک از تیرها انجام شد. سپس نتایج بدست آمده از آزمون ارتعاش خمشی صفحات و تیرها مورد مقایسه قرار گرفتند.

### نتایج

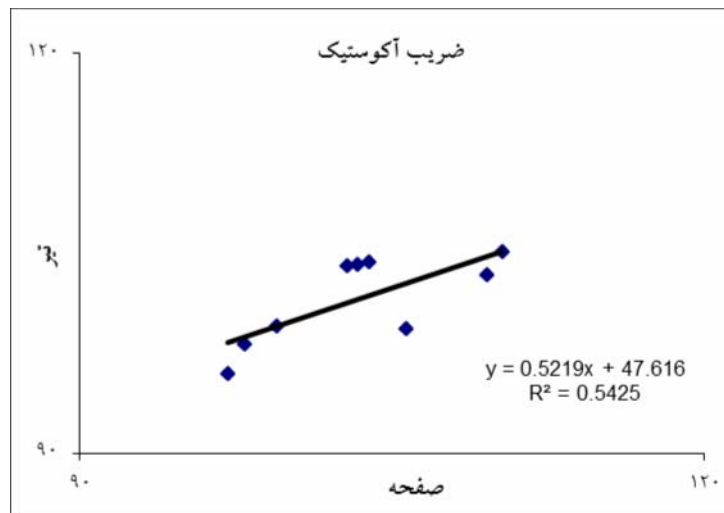
به منظور اطمینان از صحت مقادیر برآورد شده دو



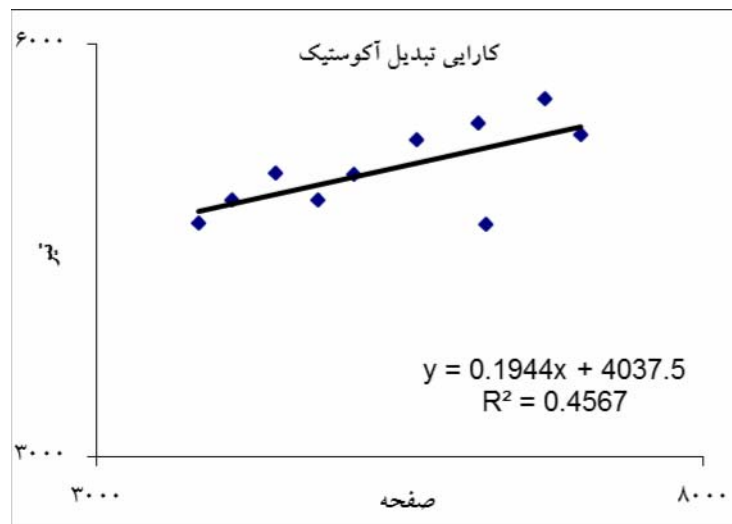
شکل ۲- استقرار نمونه‌ها بر روی تکیه‌گاه‌های الاستیک

و تیرهای بدست آمده از آنها می باشد. با توجه به این نمودارها همبستگی نسبتاً خوبی میان فاکتورهای ذکر شده حاصل از آزمون صفحات و تیرها وجود دارد.

شکل ۳ مقایسه فاکتور ضریب آکوستیک حاصل از آزمون ارتعاش صفحات و تیرهای مستخرج از آنها را نمایش می دهد. شکل شماره ۴ نیز نمایانگر مقایسه فاکتور کارایی تبدیل آکوستیک حاصل از آزمون ارتعاش صفحات



شکل ۳- مقایسه ضریب آکوستیک حاصل از آزمون صفحات و تیرها



شکل ۴- مقایسه فاکتور کارایی تبدیل آکوستیک حاصل از آزمون صفحات و تیرها

### سپاسگزاری

این مقاله حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد مؤلف می-باشد. بدین وسیله از مسئولان دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج که امکانات انجام تحقیقات این پایان نامه را تأمین نموده اند تشکر و قدردانی می گردد.

### منابع مورد استفاده

- بادیک، ژ.، ب، جین، ۱۹۸۲. مکانیک چوب و فراورده های مرکب آن. ترجمه دکتر قنبر ابراهیمی، ۱۳۶۸. انتشارات دانشگاه تهران. ۶۸۶ صفحه
- پارساپژوه، د.، ۱۳۸۴. تکنولوژی چوب، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۴ص.
- Amishev D. and Murphy G., 2008. Implementing Resonance-Based Acoustic Technology on Mechanical Harvesters/Processors for Real-Time Wood Stiffness Assessment Opportunities and Considerations, *International Journal of Forest Engineering*, , 19(2): 48-56.
- Bordonné, P.A., 1989, *Module dynamique et frottement intérieur dans le bois: Mesures sur poutres flottantes en vibrations naturelles*. Thèse de doctorat de l'INP de Lorraine soutenue à Nancy. 154 p
- Harris, C. and Piersol, A., 2002. *Handbook of shock and vibration*, New York, 1451 pp.
- Holz, D., 1996, *Acoustically important properties of xylophone-bar materials: can tropical woods be replaced by European species?* *Acta Acustica* united with *Acta Acustica* vol.82, pp 878-884
- Grundstrom, F., 1998. *Non-destructive testing of wood with ultra sound eigen frequency method*.
- Liang, S. and Feng, F., 2007. *Comparative study on three dynamic modulus of elasticity and static modulus of elasticity for Lodgepole pine lumber*, *Journal of Forestry Research*, 18(4): 309-312.
- Obataya, E., Ono, T. and Norimoto, M., 2000. *Vibrational properties of wood along the grain*. *Journal of materials science*. 35: (2993 - 3001)
- Roohnia, M., Alavi-tabar, S.E., Hossein, M.A., Loïc Brancheriau, L. and Ajang T. 2011(a). *Nondestructive Testing and Evaluation*.;26(2):141-153
- Roohnia, M., Hashemi-dizaji, S.F., Brancheriau, L., Tajdini, A. and Manouchehri, N. 2011(b). *Effect of soaking process in water on the acoustical quality of*

آزمون ارتعاش خمشی آزاد بر روی صفحات تخته خرده چوب برای بررسی امکان برآورد دو فاکتور آکوستیکی "کارایی تبدیل آکوستیک" و "ضریب آکوستیک" انجام شد و به منظور حصول اطمینان از صحت آزمون، نتایج حاصل از آزمون صفحات با نتایج حاصل از تیرهای استخراج شده از تخته ها با یکدیگر مقایسه گردید. ضریب آکوستیک (AC) یکی از پارامترهای مهم در برآورد ویژگی های آکوستیکی یک جسم می باشد و تحت تأثیر مدول الاستیسیته و جرم ویژه می باشد. کارایی تبدیل آکوستیک (ACE) نیز یکی از فاکتورهای مهم آکوستیکی چوب آلات مورد استفاده در صفحات تشدید صدا می باشد. به طوری که هر چه مقدار ACE بیشتر باشد، چوب از لحاظ آکوستیکی دارای شرایط بهتری برای انتخاب جهت کاربرد در صفحات مذکور را دارد. همان طوری که در شکل ۳ مشاهده می شود میان نتایج فاکتور ضریب آکوستیک حاصل از آزمون صفحات با تیرها همبستگی قابل قبولی وجود دارد. همچنین براساس شکل شماره ۴ می توان گفت که همبستگی نسبتاً مناسبی میان فاکتور کارایی تبدیل آکوستیک حاصل از آزمون صفحات و تیرهای مستخرج از آن وجود دارد که این امر نشان از صحت نتایج حاصل از این تحقیق دارد.

به طور کلی و بر پایه نتایج بدست آمده از این تحقیق می توان گفت که فاکتورهای "کارایی تبدیل آکوستیک" و "ضریب آکوستیک" که از پارامترهای مهم در برآورد ویژگی آکوستیکی یک جسم برای استفاده در صفحات تشدید صدا می باشند توسط روش آزمونی ارتعاش آزاد در صفحات دو سر آزاد برای ورق های تخته خرده چوب قابل برآورد می باشند.

- Roohnia, M. Doosthosseini, K. Kademieslam, H. Gril, J. Bremaud, I. 2006, Study on Variations of Specific Modulus of Elasticity and Shear Moduli in Arizona Cypress Wood, using Vibration Method, Iranian Journal of Natural Resources, Vol. 59/No. 4.
- Ross, R.J., Zerbe, J.I., Wang Xiping, Green, D.W., Pellerin R.F., , 2005, Stress wave nondestructive evaluation of Douglas-fir peeler cores. Forest Products Journal, 55(3): 90–94.
- Rujinirun, C., P, Phinyocheep. W, Prachyabrued & N, Laemsak. 2005, Chemical treatment of wood for musical instruments . Part I: acoustically important properties of wood for the Ranad (Thai traditional xylophone), Wood science and technology. (39):77-85
- Tsoumis, G.1991, Science and technology of wood, Van Nostrand Reinold, 494p.
- Wegst, G, K., 2006 , Wood For Sound . American Journal of Botany . 93(10): 1439–1448
- Yung-Yen Ko, Huei-chun Chu, Cheng-Hsing Chen. 2005, Analysis for Forced Vibration Test on Protho-Type Pile Foundation in Tsip, Journal of Mechanics, Vol.21, No. 4.
- wood for traditional musical instruments, BioResources. 6(2): 2055-2065
- Roohnia, M., Hossein, M.A., Alavi-Tabar, A, Tajdini, A, Jahan-Latibari and Manouchehri, N., 2011(c). ACOUSTIC PROPERTIES IN ARIZONA CYPRESS LOGS: A TOOL TO SELECT WOOD FOR SOUNDING BOARD, BioResources.; 6(1):386-399
- Roohnia, M., A, Tajdini & N, Manouchehri, 2011(d), ASSESSING WOOD IN SOUNDING BOARDS CONSIDERING THE RATIO OF ACOUSTICAL ANISOTROPY. NDT&E International.; 44:13-20
- Roohnia, M., Bremaud, I., Guibal, D., and Manouchehri, N., 2006, NDT-LAB; Software to evaluate the mechanical properties of wood. Pages 213-218 in M Fioravanti and N Macchioni, eds Proc International Conference on Integrated Approach to Wood Structure Behaviour and Applications – Joint meeting of ESWM and Cost Action E35, 15-17 May, Florence – Italy, DISTAF – University of Florence.

## The possibility of estimating some of the acoustical properties of particleboards using plate mechanical vibration test

Ghaznavi, M.R.<sup>1\*</sup>, Roohnia, M.<sup>2</sup> and Yaghmaeipur, A.<sup>3</sup>

1\*- Corresponding author, M.Sc. Student of Wood and Paper Science and Technology, Karj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, Email: Mohamadreza\_ghaznavi@yahoo.com

2- Associate Professor, Wood and Paper Science and Technology group, Karj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

3- M.Sc. Student of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: Sep., 2011

Accepted: Aug., 2012

### Abstract

In this research, the possibility of estimating some acoustical properties of particleboard panels such as "Acoustical coefficient" and "Acoustical Converting efficiency" using vibrational non-destructive techniques was investigated. Particleboard plates with the dimensions of 50×50, 100×50 and 150×50 were used. For each plate, three replicated samples were prepared and after conditioning and the measurement of weight and dimensions, the flexural vibration test was performed on plate free-free test. In order to be ensured of the accuracy of the test, panels were converted to beams with the dimensions of 500×50×16 mm and then the same test was repeated on these samples. The results obtained from flexural vibration test of plates and beams were compared. The results indicated that it is possible to evaluate the Acoustic Coefficient and Acoustical Converting Efficiency factors with adequate accuracy using the testing method used in this study.

**Key words:** Particleboard, non-destructive test, vibration, acoustical converting efficiency, acoustic coefficient