نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۳، ص ۱۶۵-۱۵۴

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 4, No. 2, Fall - Winter 2014, p. 154-165

تحلیل بسامدی طیف باند یک سوم اکتاو تراز فشار صدا در کمباین غلات

علی ملکی[۱] - مجید لشگری[۲*]

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۲

چکیده

محیط کار رانندگان کمباین باید دارای شرایطی باشد تا عواملی چون صدا کمترین تأثیر را بر آنان داشته باشد به‌گونه‌ای که بتوانند از عهده وظایف عدیده در هدایت و کنترل کمباین برآیند. در این تحقیق، تعدادی از عوامل مؤثر بر صدای تولید شده در دو نوع کمباین جاندیر ۱۰۵۵ و سمپو ۳۰۶۵ مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. فاکتورهای مورد مطالعه شامل دور موتور، نسبت‌های مختلف دنده، وضعیت عملیات و فاصله میکروفن بودند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که تراز فشار صدا با توجه به افزایش بسامد، روند کاهشی داشته و در بسامد ۴۰۰۰ هرتز به‌ترتیب برای کمباین‌های جاندیر و سمپو به میزان ۸۷/۹۶ و ۸۴/۷۳ دسی‌بل می‌باشد که این تفاوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که بیشینه تراز فشار صدای کمباین‌های جاندیر و سمپو به‌ترتیب برابر ۱۱۶ دسی‌بل در بسامد ۲۵۰ هرتز و ۱۱۱/۱ دسی‌بل در بسامد ۴۰ هرتز می‌باشد که هر دو در موقعیت گوش کاربر و در حالتی که کمباین‌ها فاقد کابین باشند به‌دست آمده‌اند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل بسامدی، تراز فشار صدا، سر و صدا، کمباین

مقدمه

امروزه اجتناب از مواجهه با آلودگی‌های زیست محیطی در زندگی روزمره و شغلی، امری غیرممکن به‌شمار می‌آید. از جمله آلاینده‌هایی که مورد توجه روزافزون قرار گرفته، منابع سر و صدای محیطی و شغلی است. سر و صدا یکی از ناهنجارترین پدیده‌های قرن حاضر است که منابع آن پیرامون زندگی انسان به‌صورت روزافزونی در حال ازدیاد بوده و قادر است به‌طور بالقوه در نقش منبعی برای صدمات و اختلالات جسمی و روانی عمل نماید. شناخت این منابع و به‌کارگیری آموزش‌های صحیح و روش‌های مؤثر در کاهش تراز صوتی حاصل از آن‌ها، تا حد قابل ملاحظه‌ای از آثار زیان‌بار آلودگی‌های صوتی بر سلامت انسان خواهد کاست. برجسته‌ترین آسیب ناشی از سر و صدا، از دست رفتن حساسیت شنوایی می‌باشد (Depczynski *et al.*, 2011). در این میان عوامل متعددی باعث بروز افت شنوایی شده و شدت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از جمله این عوامل می‌توان به طیف بسامدی، شدت صدا و مدت زمان مواجهه با صدا اشاره نمود. میزان افت شنوایی با افزایش شدت صدا به‌ویژه در اطراف بسامد ۴۰۰۰ هرتز و زیاد شدن زمان مواجهه بیشتر می‌شود. سر و صدا در سطح بالای شدت، یعنی بیش از ۸۵ و یا ۹۰ دسی‌بل باعث کاهش شنوایی موقت و یا دائم گردیده اما در سطوح پایین‌تر شدت، بین ۵۰ تا ۸۰ دسی‌بل اثرات عمده به‌صورت آزاردهندگی و مزاحمت ظاهر شده و در ترکیب با سایر عوامل استرس‌زای محیطی باعث ایجاد یا تشدید اختلالات روانی می‌گردد.

مقادیر حد تماس شغلی صدا و مدت مواجهه با آن به شرایطی اشاره دارد که چنانچه کلیه شاغلان به‌طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند، آثار نامطلوب در توانایی شنیداری و درک محاوره طبیعی آنان ظاهر نشود. به‌همین جهت سازمان‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در اکثر کشورها قوانینی را برای محدود کردن ساعت کار افراد در محیط‌های پر سر و صدا وضع نموده‌اند. الگوی مورد پذیرش در ایران که توسط کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور ارائه شده، تراز فشار صدای مجاز ۸۵ دسی‌بل در شبکه A برای ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کار هفتگی می‌باشد. براساس این الگو به‌ازای افزایش ۳ دسی‌بل در تراز فشار صدا، مدت زمان مواجهه نصف می‌گردد. بدین منظور هر کجا شاغلین در تماس با سر و صدای بیشتر از حد مجاز می‌باشند، اجرای برنامه حفاظت شنوایی ضروری است (Rahbar, 2008). محدوده بسامد قابل درک برای انسان ۱۶ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است و به‌طور کلی می‌توان گفت بسامدهای پایین، کمتر به سیستم شنوایی آسیب می‌رسانند، در حالی که بسامدهای بالا قدرت مزاحمت و آسیب‌رسانی بیشتری دارند (Sumer *et al.*, 2006; Rahbar,

۱- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۲- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه اراک
(*- نویسنده مسئول: (Email: m-lashgari@araku.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

2008).

موضوع سر و صدا و تأثیرات آن بر فعالان بخش کشاورزی از سالیان دور مورد توجه بوده و امروزه نیز همچنان ابعاد مختلف آن در دست بررسی است. به‌طور قطع افرادی که در امور مختلف کشاورزی مشغول فعالیت هستند در معرض بسیاری از منابع سر و صدا قرار دارند (BehrooziLar *et al.*, 2012). از طرفی برای افرادی که سال‌های طولانی در مواجهه با سر و صدا بوده‌اند هنوز خطرات به‌طور کامل مشخص نشده است (McBride *et al.*, 2003). کارگران بخش کشاورزی که با ماشین و تراکتور سر و کار دارند در بین سایر مشاغل از بالاترین میزان افت شنوایی برخوردار هستند. چنین مشکلی ناشی از وجود مولدهای متعدد صدا در مزرعه می‌باشد مانند: تراکتورها، کمباین‌ها، چاپرها، اره‌برقی‌ها، خشک‌کن‌ها و غیره (Baker, 2002).

گراندجین (۱۹۸۸) در بررسی آثار صدای منتشر شده به‌وسیله ماشین‌آلات نشان داد که در ۱۰ سال اول مواجهه با صدا در بسامد ۱۰۰۰ هرتز و سطح صدای ۱۰۰ دسی‌بل، میزان کاهش شنوایی ۷ دسی‌بل می‌باشد، در حالی که طی مدت ۴۰ سال مواجهه، این میزان به ۱۲ دسی‌بل می‌رسد. همچنین این میزان برای بسامد ۴۰۰۰ هرتز در همان سطح صدا طی ۱۰ سال مواجهه برابر ۳۰ دسی‌بل گزارش شده است (Grandjean, 1988).

خصوصیات صدای ساطع شده از تراکتورها و تأثیرات آن بر روی عملکرد و شنوایی کاربران توسط سابانسی و همکاران (۱۹۹۳) مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها در گزارش خود بیان کردند که ماکزیمم کاهش شنوایی در بسامد ۴۰۰۰ هرتز به‌دست می‌آید و میانگین کاهش شنوایی برابر ۱۲/۶ دسی‌بل می‌باشد. آن‌ها سطح صدای ساطع شده از تراکتورهای مورد آزمایش خود را ۸۷/۶۳–۷۸/۲۵ دسی‌بل گزارش نمودند (Sabanci *et al.*, 1985). سالکی (۲۰۰۰) مشخص کرد که ۵۶٪ از رانندگان تراکتور تحت مطالعه دارای افت شنوایی بیشتر از ۲۰ دسی‌بل در محدوده بسامدهای ۳ تا ۶ کیلو هرتز بوده‌اند. وی اعلام کرد که در خصوص تراکتورها، بیشترین خطر شنوایی، توسط تراکتورهای با قدرت کم و متوسط با سطح صدای ۱۰۱–۸۴ دسی‌بل ایجاد می‌شود و تراکتورهای پرقدرت سطح صدای کمتری را ایجاد می‌کنند (Solecki, 2000).

نتایج حاصل از تحقیق سامر و همکاران (۲۰۰۶) در ۳۷ نوع کمباین مختلف نشان داد که با افزایش بسامد، میزان سطح صدا در کمباین‌ها تمایل به کاهش داشته است. این در حالی است که میزان سطح فشار صدا برای کمباین‌های بدون کابین، با کابین نصب شده و با کابین اورجینال به‌ترتیب برابر ۹۰–۸۵ دسی‌بل، ۸۳–۸۱ دسی‌بل و ۸۱–۷۶ دسی‌بل اعلام شده است (Sumer *et al.*, 2006). ای بک و همکاران (۲۰۱۰) طی تحقیقی در خصوص عملیات‌های مختلف با تراکتور عنوان نمودند که با افزایش مراکز باند بسامدی، تراز فشار صدا کاهش می‌یابد. در این تحقیق نشان داده شد که تراکتورهای مجهز به کابین اورجینال در مقایسه با تراکتورهای بدون کابین و تراکتورهای با کابین نصب شده تقلیل صدای بهتری به همراه دارند (Aybek *et al.*, 2010). پژوهشگرانی در تحقیقات خود درباره صدا نشان دادند که استفاده و تولید کابین تراکتور بدون توجه به عایق‌های صوتی و مواد جاذب صدا، تأثیر چندانی بر کاهش سطح صدا برای راننده تراکتور ندارد (Saral and Avcioglu, 2002).

در تحقیقی که پیرامون مسائل صدا روی ۱۴۵ ماشین کشاورزی انجام گرفت مشخص شد که کمترین سطح صدای مواجهه کاربر در این آزمایش ۷۶ دسی‌بل و بالاترین سطح ۱۰۵ دسی‌بل می‌باشد. صدای ساطع شده از تراکتورهای بدون کابین ۹۳/۵ دسی‌بل و برای تراکتورهای با کابین اورجینال ۷۷ دسی‌بل و زیر محدوده خطر بود که این نتیجه نشان دهنده این بود که به‌منظور کاهش صدای مواجهه، کاربر باید از تراکتورهای با کابین اورجینال استفاده نماید (Melemez and Tunay, 2010).

بررسی‌های محققین بر روی دو تیلر در شرایط مختلف حمل و نقل در جاده آسفالت و خاکی نشان داد که بیشینه صدای اندازه‌گیری شده در موقعیت گوش راننده در نسبت دنده‌های مختلف، در جاده آسفالت و جاده خاکی به‌ترتیب ۹۸/۲ و ۹۲ دسی‌بل بوده که این مقادیر بالاتر از میزان مجاز تعیین شده توسط NIOSH, 1996 می‌باشد. همچنین این مقدار در موقعیت گوش راننده نسبت به موقعیت اطرافیان بیشتر گزارش شد (Sehsah *et al.*, 2010).

به‌دلیل وسیع بودن طیف فرکانس قابل درک برای انسان و همچنین وسیع بودن باند صوتی، برای مطالعه صوت به‌جای بررسی مقادیر دامنه‌های فشار، توان یا شدت صوت در تک‌تک فرکانس‌ها، محدوده فرکانس صوتی قابل درک را به نواحی قراردادی به نام‌های اکتاو و یک سوم اکتاو تقسیم می‌کنند و به هر ناحیه آن یک باند صوتی می‌گویند. در این حالت مطالعه صوت در هر ناحیه و به‌طور قراردادی در فرکانس مرکزی آن انجام می‌گیرد. در این روش تحلیل بسامد صدا به‌راحتی امکان‌پذیر خواهد شد.

هدف از این مطالعه تحلیل بسامدی طیف باند یک سوم اکتاو تراز فشار صدای تولید شده در دو نوع کمباین متداول در ایران تحت شرایط مختلف کاری، در سه محدوده متفاوت گوش کاربر، فاصله ۷/۵ متر و فاصله ۲۰ متر از کمباین می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

کمباین مورد استفاده

در این مطالعه صدای کمباین‌های جاندیر مدل ۱۰۵۵ و سمپو ۳۰۶۵ که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آمده است، در شرایط واقعی کاری ضبط و اندازه‌گیری شدند. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل، در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی و در چهار تکرار انجام شدند. متغیرهای مورد مطالعه شامل دور موتور در دو سطح آرام و تند، نسبت‌های مختلف دنده، وضعیت عملیات در دو سطح حرکت آزاد و هنگام برداشت و موقعیت میکروفن در کمباین‌های فاقد کابین و کابین‌دار بودند که در مجموع ۵۷۶ آزمایش انجام گرفت. در هنگام برداشت، علاوه بر این که کمباین دارای حرکت انتقالی بود، تمامی اجزای سیستم برداشت از قبیل سکوی برش، کوبنده، کاه‌پران‌ها، الک‌ها و دمنده دارای حرکت بودند. این در حالی است که در حرکت آزاد، کمباین تنها دارای حرکت انتقالی بود و تمامی اجزای سیستم برداشت غیرفعال بودند.

اندازه‌گیری صدا

اندازه‌گیری سیگنال‌های صدای ایجاد شده توسط کمباین‌ها در سه موقعیت متفاوت گوش کاربر، کسی که در نزدیکی کمباین و در فاصله حدود ۷/۵ متر از آن مشغول به کار است و کسانی که اندکی دورتر و در فاصله حدود ۲۰ متر از آن قرار دارند، صورت گرفت. جدول ۲، متغیرها و سطوح آن‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به این که کمباین سمپو تنها دارای سه دنده جلو می‌باشد، بنابراین متغیر نسبت دنده در این کمباین دارای چهار سطح می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات کمباین‌های مورد آزمون

Table 1- Specifications of the combine harvesters

سمپو Sampo	جاندیر John Deere	مشخصات Specifications	
200	150	قدرت (اسب بخار) Power (hp)	مشخصات موتور Engine specifications
6	6	تعداد سیلندر Number of cylinder	
هیدروستاتیکی Hydrostatic	سنکرونیزه Synchromesh	نوع جعبه دنده Type of transmission	سایر مشخصات Other specifications
۳ مرحله 3 Stages	۴ مرحله 4 Stages	سرعت رو به جلو Forward speed	
۳ مرحله 3 Stages	۱ مرحله 1 Stages	سرعت رو به عقب Reverse speed	
هیدرولیک Hydraulic	هیدرولیک Hydraulic	فرمان Steering	
نو Brand new	نو Brand new	عمر کاری Working life	

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- سطوح مختلف متغیرهای اندازه‌گیری شده

Table 2- Levels of measured parameters

متغیرها **Parameters**	سطوح متغیرها **Levels of Parameters**				
دور موتور	۱۲۵۰ دور بر دقیقه	۲۵۰۰ دور بر دقیقه			
Engine speed	1250 rpm	2500 rpm			
نسبت دنده	پارک	۱ سنگین	۲ سنگین	۳ سبک	۴ سبک
Gear ratio	Neutral gear	1st gear	2nd gear	3rd gear	4th gear
وضعیت عملیات	حرکت آزاد	هنگام برداشت			
Type of operation	Road position	Field position			
موقعیت میکروفن	گوش کاربر در کمباین کابین‌دار	گوش کاربر در کمباین فاقد کابین	فاصله ۷/۵ متری	فلصله ۲۰ متری	
Microphone position	Operator's ear with cabin	Operator's ear without cabin	Bystander 7.5 m	Bystander 20 m	

(b) (a)

شکل ۱- (a) میکروفن در موقعیت گوش کاربر، (b) میکروفن‌ها در فواصل ۷/۵ و ۲۰ متری

Fig.1. (a) Microphone position at the combine operator's ear and (b) 7.5 and 20 meter

برای اندازه‌گیری تراز صدای کمباین در موقعیت گوش کاربر، میکروفن با فاصله ۱۰۰ میلی‌متر نسبت به گوش کاربر قرار داده شد. همچنین برای اندازه‌گیری تراز صدای کمباین در دو موقعیت دیگر، میکروفن‌ها بر روی سه‌پایه در ارتفاع ۱/۲ متر از سطح زمین و در حالت افقی قرار داده شدند. شکل ۱ موقعیت میکروفن‌ها را در فواصل ۷/۵ و ۲۰ متری و موقعیت گوش کاربر نشان می‌دهد.

ویژگی‌های مکان آزمون ماشین‌های مورد نظر براساس استانداردهای سازمان بین‌المللی استاندارد در نظر گرفته شد (ISO 5131 and ISO 7216). برای این منظور محوطه‌ای باز در کارخانه کمباین‌سازی ایران و با فاصله‌ای مناسب از انواع بازتاب‌کننده‌های صدا از قبیل ساختمان و درختان انتخاب شد. در زمان آزمون، سرعت باد توسط بادسنج دیجیتال اندازه‌گیری شد که در تمامی آزمایش‌ها کمتر از ۵ متر بر ثانیه به‌ثبت رسید. با توجه به این موضوع که تمامی آزمایش‌ها در فصل تابستان انجام گرفتند لذا دمای هوای محیط نیز همواره بیشتر از ۵ درجه سانتی‌گراد بود که هر دو مقوله سرعت باد و دمای محیط در زمان آزمایش، کاملاً مطابق با شرایط مندرج در مقررات استاندارد بودند.

Archive of SID

www.SID.ir

مطابق استانداردی که این آزمون براساس آن صورت گرفت، اختلاف میان تراز فشار صدای اندازه‌گیری شده با منبع صدای در حال کار و تراز فشار صدای زمینه باید حداقل ۶ دسی‌بل و ترجیحاً بیش از ۱۰ دسی‌بل باشد. به‌منظور اعتبار بخشی به اندازه‌گیری‌های انجام شده، تراز فشار صدای زمینه به تنهایی و قبل از راه‌اندازی کمباین‌ها اندازه‌گیری شد. از آنجایی که تراز فشار صدای زمینه اختلاف لازم را با صدای کمباین‌ها داشت، لذا در این آزمون نیازی به اعمال تصحیحات صدای زمینه نبود. مسیری به طول ۳۰ متر برای حرکت کمباین‌ها در نظر گرفته شد. در فاصله زمانی سپری شده جهت عبور کمباین‌ها در فاصله مذکور، سیگنال‌های صدای ساطع شده اندازه‌گیری شدند.

با توجه به این که میکروفن متراکم‌کننده از پیش قطبی شده دارای خصوصیات بهتری از جمله پاسخ فرکانسی تخت در محدوده شنوایی انسان، دقت و پایداری اندازه‌گیری بالایی نسبت به انواع دیگر می‌باشند لذا در این تحقیق از میکروفن متراکم‌کننده از پیش قطبی شده استفاده شده است. از آنجا که میکروفون‌های نوع ۱ در مقایسه با نوع ۲ از دقت بالاتری برخوردار هستند بنابراین در انجام تحقیقات از نوع ۱ استفاده می‌شود که در این تحقیق نیز میکروفون‌های به‌کار گرفته شده از نوع ۱ بوده که با الزامات استاندارد IEC 60651 مطابقت دارند. حساسیت زیاد میکروفن‌های اندازه‌گیری، امپدانس خروجی آن‌ها را بسیار زیاد می‌کند. لذا نیازمند یک پیش تقویت کننده هستند تا امپدانس را برای ورود به مبدل آنالوگ به دیجیتال کاهش دهند. به‌همین منظور در این تحقیق از یک پیش تقویت کننده برای هر یک از میکروفن‌ها استفاده گردید.

با توجه به این که در این تحقیق نیاز به مقایسه بسامدهای موجود در صدای کمباین‌ها مد نظر بود از سامانه جمع‌آوری اطلاعاتی استفاده گردید که نسبت به تمامی بسامدهای صوتی دارای حساسیت یکسانی باشد. با توجه به وجود مبدل آنالوگ به دیجیتال ۲۴ بیتی در این سامانه، میزان نویز ذاتی سامانه در حد پایین بوده و علاوه بر این سامانه مذکور دارای سرعت نمونه‌برداری ۴۴/۱ کیلوهرتز می‌باشد که جهت اجتناب از پدیده الیاسینگ[1] کفایت می‌نماید.

سیگنال‌های دریافت شده در حین آزمون، با استفاده از نرم افزار Scope V1.32 نصب شده بر روی رایانه قابل حمل، ذخیره شدند. قبل از شروع اندازه‌گیری، میکروفن‌ها توسط کالیبراتور مدل CA111 که سطح صوت ثابت ۹۴ دسی‌بل را در بسامد خالص یک کیلوهرتز ایجاد می‌کند، کالیبره شدند. با توجه به این‌که میکروفن‌ها از نوع ۱ انتخاب شدند، کالیبراتور نیز باید از نوع ۱ انتخاب می‌شد. کالیبراتور مورد استفاده در این تحقیق با الزامات استاندارد IEC 60942 که برای کالیبراتورهای نوع ۱ می‌باشد، مطابقت داشت. مشخصات تجهیزاتی که در این تحقیق جهت اندازه‌گیری تغییرات فشار صدای کمباین‌ها در حوزه زمان مورد استفاده قرار گرفتند در جدول ۳ آورده شده است.

در هر ترکیب تیماری، حداقل ۵ ثانیه سیگنال صدا ضبط شد که بعد در مرحله تحلیل اولیه داده‌ها در حوزه زمان از ۵ ثانیه سیگنال ضبط شده، ۳ ثانیه‌ای انتخاب گردید که تقریباً یکنواخت بوده و کمترین تغییرات ممکن در بین قله‌های آن وجود داشته باشد. پس از انجام آزمایش‌ها و جمع‌آوری اطلاعات به‌دست آمده، داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

1- Aliassing

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری

Table 3- Specifications of the instruments

نام تجهیزات Instruments	حساسیت Sensitivity	گستره Range	مدل Model	شرکت سازنده Make
میکروفن Microphone	50 mV Pa^{-1}	16-146 dB	MP201	BSWA
پیش تقویت کننده Pre-amplifier	-	19 Hz-150 kHz	MAP231	BSWA
سامانه جمع‌آوری اطلاعات Data acquisition	-	35-118 dB	MC3022	BSWA
کالیبراتور Calibrator	-	94 and 114dB at 1000 Hz	CA111	BSWA
بادسنج Digital anemometer	-	0.4-25 m s^{-1}	AM-4205A	Lutron

نتایج و بحث

نتایج مربوط به طیف باند یک سوم اکتاو تراز فشار صدا برای کمباین جاندیر و سمپو در جدول ۴ گزارش شده است. همان‌گونه که در این جدول مشخص شده است، تراز فشار صدا با توجه به افزایش بسامد روند کاهشی داشته، هر چند که در بسامدهای پایین، استثنائاتی نیز به‌چشم می‌خورد. حساسیت گوش انسان بستگی به بسامد صوت دارد. به این معنی که گوش انسان به بعضی از بسامدها حساسیت بیشتری دارد. بیشترین حساسیت گوش در محدوده ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ هرتز و به‌ویژه حدود ۴۰۰۰ هرتز می‌باشد (Sabanci, 1999; Sanders and McCormick, 1992; Grandjean, 1988). همان‌گونه که از جدول ۴ مشخص می‌باشد تراز فشار صدای تولید شده در بسامد ۴۰۰۰ هرتز که گوش انسان در آن از حساسیت بالاتری برخوردار است به‌ترتیب برای کمباین‌های جاندیر و سمپو به میزان ۸۷/۹۶ و ۸۴/۷۳ دسی‌بل می‌باشد که این تفاوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است. براساس توصیه کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور که با الگوی توصیه شده توسط انستیتو ملی سلامتی و ایمنی حرفه‌ای (NIOSH, 1996) نیز مطابقت دارد، ۸۵ دسی‌بل را به‌عنوان حد مجاز صدا برای یک دوره مواجهه ۸ ساعت تعیین کرده است. در این الگو به‌طور قراردادی به ازای ۳ دسی‌بل افزایش تراز فشار صدا، مدت زمان مواجهه به نصف تقلیل می‌یابد. بنابراین در بسامد ۴۰۰۰ هرتز، تراز فشار صدای کمباین سمپو در محدوده مجاز بوده و این در حالی است که تراز فشار صدای کمباین جاندیر فراتر از حد مجاز می‌باشد.

شکل ۲ نمودار تغییرات تراز فشار صدا در اثر تغییر دور موتور، نسبت دنده، وضعیت عملیاتی و فاصله میکروفن در بسامدهای مرکزی باند یک سوم اکتاو را برای کمباین جاندیر نشان می‌دهد. مطابق این شکل، روند کاهش فشار صدا با افزایش بسامد در تمامی نمودارها قابل مشاهده است، نتایج حاصل از کار حسن بیگی و قبادیان (۲۰۰۵) و اِی بک (۲۰۱۰) نیز بیانگر همین موضوع است (Hassan Beygi and Ghobadian, 2005; Aybek *et al.*, 2010). نکته قابل توجه در این شکل این است که در گستره بسامدهای پایین (۵۰۰- ۳۱/۵ هرتز) و متوسط (۲۰۰۰- ۵۰۰ هرتز)، تراز فشار صدا با نوسانات بیشتری همراه است. این در حالی است که در گستره بسامدهای بالا (۳۲۰۰۰- ۲۰۰۰ هرتز)، نوسانات کمتری دیده می‌شود. در مجموع با توجه به عدم حساسیت گوش انسان به بسامدهای پایین و متوسط، چنین نوساناتی در فشار صدا در بسامدهای مذکور عملاً قابل چشم‌پوشی است. نمودار تغییرات تراز فشار صدا در اثر تغییر دور موتور، نسبت دنده، وضعیت عملیات و فاصله میکروفن در بسامدهای مرکزی باند اکتاو برای کمباین سمپو در شکل ۳ نشان داده شده است. روند تغییرات در این شکل مشابه روند تغییرات در شکل ۲ می‌باشد. از بررسی شکل‌های ۲ و ۳ دریافت می‌شود که هر چهار نمودار در بعضی از بسامدها دارای نوسان‌های قابل توجه می‌باشند. این موضوع نشان دهنده این است که هر دو کمباین دارای مؤلفه‌های بسامدی قوی در باندهای بسامد مرکزی ذکر شده می‌باشند.

به‌طور حتم، هر دو کمباین دارای قطعات محرکی هستند که چنین بسامدی را تولید می‌کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- تراز فشار صدای کمباین‌ها بر حسب دسی‌بل در بسامدهای مرکز باند یک سوم اکتاو

Table 4- The sound pressure levels for all combines at each center frequency (dB)

سمپو	جاندیر	بسامدهای مرکز باند یک سوم اکتاو (هرتز)
Sampo	**John Deere**	**One-Third Octave Band Frequencies (Hz)**
99.20	101.83	25
100.73	102.82	**31.5**
102.57	102.25	40
100.66	102.51	50
100.69	102.56	**63**
99.88	102.97	80
101.52	101.07	100
102.30	101.86	**125**
100.70	104.56	160
96.66	101.66	200
98.41	105	**250**
98.96	99.22	315
98.22	97.70	400
96.82	95.27	**500**
90.33	95.71	630
88.77	94.88	800
92.69	94.08	**1000**
90.63	91.13	1250
88.26	91.06	1600
90.02	89.86	**2000**
89.92	89.05	2500
87.24	85.96	3150
84.73	87.96	**4000**
83.90	83.09	5000
78.64	79.42	6300
78.66	78.23	**8000**
76.75	75.38	10000
75.59	72.93	12500
72.29	70.32	**16000**
68.15	67.89	20000
66.20	65.08	26000
62.02	62.54	**32000**

برای بررسی بیشتر این موضوع ضرورت دارد که صداهای حاصل از قسمت‌های مختلف کمباین به‌طور مجزا مورد تحلیل و بررسی بسامدی قرار گیرند تا بتوان با شناسایی قسمت‌های مورد نظر، راهکاری جهت کاهش فشار صدای آن‌ها در نظر گرفت.

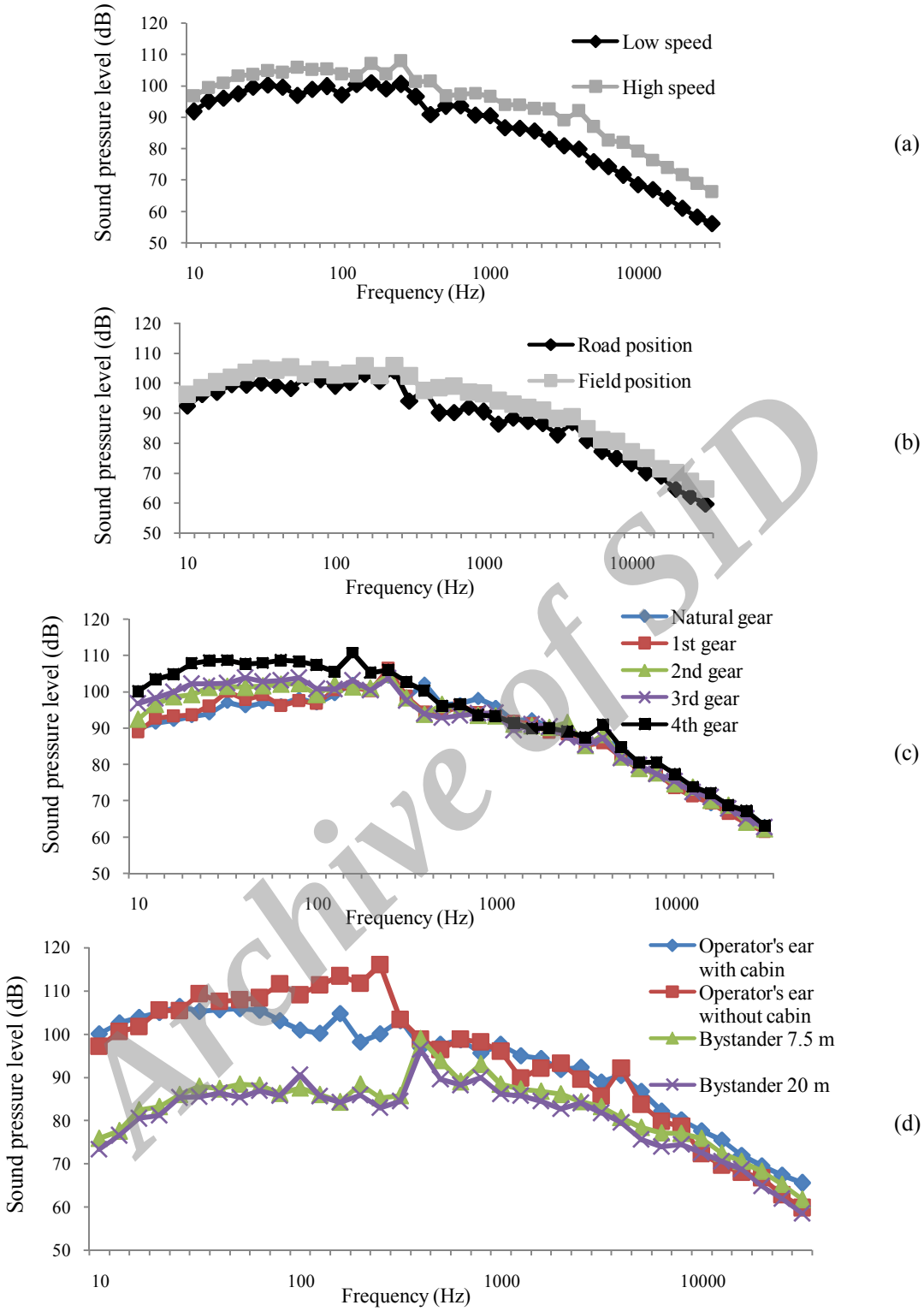
آنچه از شکل‌های ۲ a و ۳ a می‌توان مشاهده نمود، افزایش تراز فشار صدای هر دو کمباین در اثر افزایش سرعت دورانی موتور می‌باشد. در کمباین جاندیر، میانگین افزایش تراز فشار صدا با افزایش سرعت دورانی موتور به میزان ۹/۸۴ دسی‌بل بوده و این در حالی است که در کمباین سمپو به میزان ۵/۱۴ دسی‌بل می‌باشد. نتایج حاصل از کار قبادیان (۱۹۹۴) و میر و همکاران (۱۹۹۳) نیز تأیید کننده این موضوع است که با افزایش دور موتور در ماشین‌های خود محرک، سطح صدا افزایش می‌یابد (Ghobadian, 1994; Meyer *et al.*, 1993). دلیل این افزایش را شاید بتوان به اثرات اگزوز موتور در سرعت‌های دورانی بالاتر ارتباط داد (Suggs, 1987; Sathyanarayana and Munjal, 2000).

از شکل‌های ۲ c و ۳ c نیز مشخص می‌شود که در اثر افزایش نسبت دنده، تراز فشار صدای منتشر شده از کمباین‌ها افزایش یافته است. طبیعتاً با افزایش دنده‌ها، سرعت حرکت کمباین افزایش یافته و در نتیجه صدای ناشی از حرکت سریع‌تر لاستیک‌ها بر روی مکان آزمون و همچنین حرکات ارتعاشی قطعات و اجزاء مختلف بیشتر می‌شود. بنابراین با افزایش دنده، افزایش تراز صدا منطقی به‌نظر می‌رسد.

بررسی اثرات مربوط به نوع عملیات در کمباین‌های جاندیر و سمپو نشان می‌دهد که تغییر وضعیت از حالت حرکت آزاد به حالت حرکت در هنگام برداشت، منجر به افزایش تراز فشار صدای این کمباین‌ها می‌شود (شکل‌های ۲ b و ۳ b). میانگین افزایش تراز فشار صدا به‌ترتیب برای کمباین جاندیر و سمپو برابر ۳/۴۲ و ۲/۵۴ دسی‌بل می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

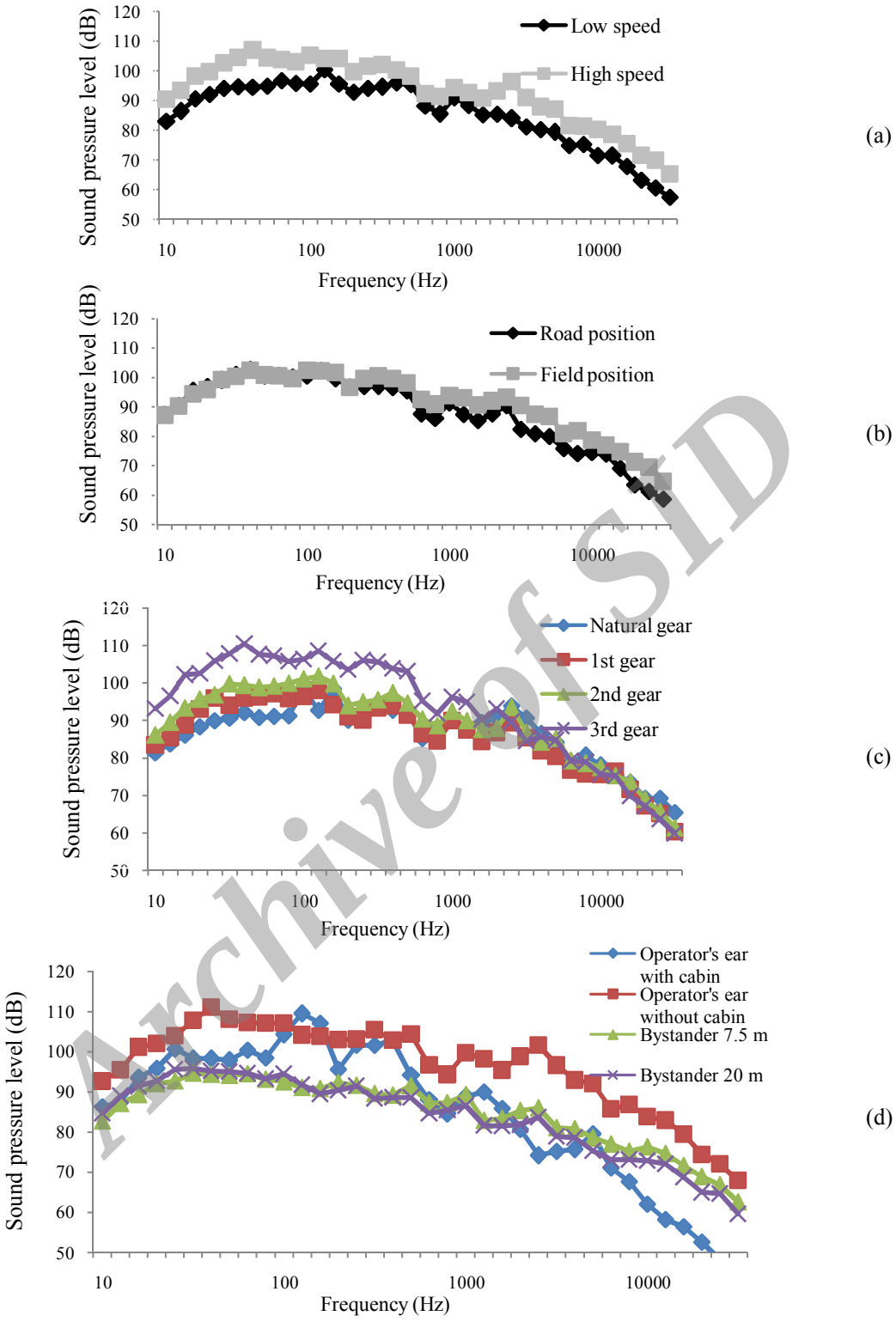


شکل ۲– طیف باند اکتاو تراز فشار صدای کمباین جاندیر در؛ (a) دورهای مختلف موتور، (b) وضعیت‌های عملیاتی مختلف، (c) دنده‌های مختلف، (d) فواصل مختلف

Fig.2. Frequency spectrum of the noise emitted by John deere at; (a) Engine speed, (b) Type of operation, (c) Gear ratios, (d) Microphone distance

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳– طیف باند اکتاو تراز فشار صدای کمباین سمپو در؛ (a) دورهای مختلف موتور، (b) وضعیت‌های عملیاتی مختلف، (c) دنده‌های مختلف، (d) فواصل مختلف

Fig.3. Frequency spectrum of the noise emitted by Sampo at; (a) Engine speed, (b) Gear ratios, (c) Type of operation, (d) Microphone distance

Archive of SID

www.SID.ir

بـدیهی اسـت در حالـت حرکـت در هنگـام برداشـت، تمـامی مکانیسم‌های برداشت کمباین در حالـت درگیـری کامـل بـوده و لـذا صدای ناشی از حرکت این اجزاء در نهایت به صدای سایر قسـمت‌هـا خواهد افزود. بنابراین افزایش اشاره شده کاملاً منطقی به‌نظر می‌رسد.

شکل‌های ۲ d و۳ d نشان می‌دهد که تراز فشـار صـدای منتشـر شده در موقعیت گوش کاربر در حالتی که کمباین‌ها دارای کابین بوده و یا فاقد کابین باشند متفاوت خواهد بود. همـان‌گونـه کـه از ایـن دو نمودار مشاهده می‌شود در اکثر بسامدهـای مرکـزی بانـد یـک سـوم اکتاو، تراز فشار صدای ثبت شده در داخل کابین کمباین‌ها نسبت بـه کمباین‌های فاقد کابین، مقادیر کمتری داشته است. بـه‌همـین جهـت میانگین کاهش تراز فشـار صـدا در نتیجـه اسـتفاده از کـابین بـرای کمباین جاندیر و سمپو به‌ترتیب برابر ۹/۳۹ و ۵/۶۶ دسی‌بل می‌باشـد. لذا این نتیجه نشان می‌دهد که کابین نصـب شـده بـر روی کمبـاین جاندیر در مقایسه با کابین کمباین سمپو از قابلیت بهتری در ممانعـت از انتقال صدا به فضای درون کابین برخوردار می‌باشد.

در کمباین‌ها بخشی از امواج صوتی تولید شده که ناشی از موتـور و سایر اجزاء محرک آن‌ها می‌باشد به‌صورت هوایی[1] منتشر می‌شـوند. با توجه به این که بخشی از این امواج در اثر برخورد با سطوح مختلف کابین دچار انعکاس شده و بخشی دیگر جذب این سطوح می‌شوند لذا به‌طور طبیعی صدای منتقل شده به داخل کابین کاهش می‌یابد که بـا بررسی‌های صورت گرفته توسط سامر و همکاران (۲۰۰۶) و اِی بـک (۲۰۱۰) مطابقـت دارد (Sumer *et al.*, 2006; Aybek *et al.*, 2010). همچنین از شکل‌های ۲ d و۳ d مشـخص مـی‌باشـد کـه در برخی از بسامدهای مرکزی باند یک سوم اکتاو، تراز فشار صدای ثبت شده در داخل کابین کمباین‌ها نسبت بـه کمبـاین‌هـای فاقـد کـابین، مقادیر بیشتری داشته است. این موضوع در خصوص کمبـاین جانـدیر در مراکز باند بیشتری به‌ثبت رسیده است. بنابراین به‌نظر می‌رسد کـه در بسامدهای مذکور، صداها به‌صورت سـازه‌ای[2] منتشـر شـده‌انـد. در واقع حرکت ارتعاشی اجـزا و صـداهای ناشـی از آن‌هـا، از کـل سـازه کمباین منتشر شده که به‌همین جهـت وجـود کـابین نتوانسـته مـانع انتشار آن‌ها شود. لذا جهت کنترل آن‌ها باید رویکرد دیگری مـد نظـر قرار گیرد.

در هر دو کمباین، بیشینه تراز فشار صدا در موقعیت گوش کاربر و در حالتی که کمباین‌ها فاقد کابین بودند به‌دست آمد. بیشینه تراز فشار صدای کمباین‌های جاندیر و سمپو به‌ترتیـب برابـر ۱۱۶ دسـی‌بـل در بسامد ۲۵۰ هرتز و ۱۱۱/۱ دسـی‌بـل در بسـامد ۴۰ هرتـز مـی‌باشـد. بنابراین مطابق الگوی کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور، بیشینه تراز فشار صدای ایجاد شده توسط هر دو کمباین کمتر از حـد مجـاز ۱۴۰ دسی‌بل می‌باشد.

در هر دو کمباین، با تغییر فاصله از موقعیت گوش کاربر به فاصله ۷/۵ متر، تراز فشار صدای منتشره با کاهش روبه رو بوده اسـت. ایـن میزان کاهش تراز فشار صدا به‌طور میانگین بـرای کمبـاین جانـدیر و سمپو به‌ترتیب برابر ۱۹/۰۸ و ۹/۶۱ دسـی‌بـل مـی‌باشـد. دلیـل ایـن تغییرات، بیشتر شدن فاصله میکروفن تـا منبـع تولیـد صـدا و اثـرات میرایی محیط می‌باشد (Attenborough *et al.*, 2000). منابع تولیـد صدا برای هر یک از این ماشین‌ها، باعث ایجاد نوساناتی در ذرات هوا خواهد شد که انتقال این نوسانات توسط ذرات هوا به یکـدیگر باعـث انتشار صدا می‌گردد. در هنگام انتقال نوسانات ذرات هوا بـه یکـدیگر، مقداری افت انرژی وجود دارد. بنابراین زمانی که میکروفن در موقعیت گوش کاربر قرار دارد به‌دلیل کوتاهی مسیر انتقال، افت انرژی صـوتی کمتر از حالتی است که میکروفن در موقعیـت اطرافیـان قـرار گرفتـه است. به‌همین جهت صدای دریافت شده با تغییـر فاصـله از موقعیـت راننده به فواصل دورتر، کمتر و کمتر می‌شود. بررسی‌های انجام شـده توسط حسن بیگی و قبادیان (۲۰۰۵) و میر و همکاران (۱۹۹۳) بیانگر این است که با افزایش فاصـله میکـروفن از ماشـین‌هـا، سـطح صـدا کـاهش مـی‌یابـد (Hassan Beygi and Ghobadian, 2005; Meyer *et al.*, 1993). این در حالی است که با تغییر فاصـله از ۷/۵ متر به ۲۰ متر، تفاوت قابل توجهی در تراز فشار صدا به‌وجود نمی‌آیـد. در خصوص کمباین جاندیر و سمپو، میانگین تراز فشار صدا بـا تغییـر فاصله از ۷/۵ متر به ۲۰ متر به‌ترتیب ۲/۲۲ و ۱/۱۶ دسی‌بـل کـاهش داشته است.

نکته قابل توجه در شکل‌های ۲ d و۳ d این است که در بعضی از مراکز باندها، استفاده از کابین نتوانسته تغییری در میانگین تراز فشـار صدا در گستره بسامدهای پایین داشته باشد. اصوات بـا بسـامد پـایین تقریباً در تمامی جهات به‌طور یکسان منتشر مـی‌شـوند. آن‌هـا در اثـر برخورد با لبه‌ها پراکنده شده و از منافذ نیز عبور می‌کنند بدون آن کـه از شدت آن‌ها کاسته شود. آن‌ها پـس از برخـورد بـا لبـه‌هـا، مجـدداً به‌عنوان یک منبع صوت جدید، در تمـامی جهـات شـروع بـه انتشـار می‌کنند. به‌همین جهت موانع در برابر آن‌ها بی‌تأثیرند مگر این کـه از نظر ابعادی بسیار بزرگ باشند. این در حالی است که اصوات با بسـامد بالا می‌تواننـد از طریـق برخـورد بـا موانـع سـخت مـنعکس شـوند و همچنین نمی‌توانند به‌وسیله لبه‌ها پراکنده شوند لذا موانـع مـی‌تواننـد جلوی انتشار آن‌ها را بگیرند. خصوصیات ذکر شده در مورد بسامدهای پایین و بالا این موضوع را روشن می‌کند که چرا استفاده از کـابین در بسامدهای پایین تأثیر کمتری دارد.

با توجه به این که محیط‌های کاری پر سر و صدا بر کارایی ذهن، تمرکز، دقت و زمان واکنش افراد مؤثرند لذا چنین تأثیراتی در نهایـت

1- Air-borne sound
2- Structure-borne sound

Archive of SID

www.SID.ir

موجب پایین آمدن کارایی و بهره‌وری افراد می‌شوند. بنابراین محیط کار رانندگان کمباین‌ها باید دارای شرایطی باشد تا عواملی چون صدا کمترین تأثیر را بر آنان داشته باشند به‌گونه‌ای که بتوانند از عهده وظایف عدیده در هدایت و کنترل کمباین برآیند. روش‌های کاهش صدا در ماشین‌ها به‌طور کلی به دو صورت امکان‌پذیر خواهد بود. روش فعال که از طریق کاهش صدای تولید شده به‌وسیله منابع تولید صدا از جمله موتور صورت می‌گیرد و روش منفعل که از طریق استفاده از کابین با طراحی ارگونومیک صورت می‌پذیرد (Bilski, 2012). همان‌گونه که نتایج مطالعه‌ی بیلسکی (۲۰۱۲) نشان داد وجود کابین در هر دو نوع کمباین، تأثیر قابل توجهی بر کاهش صدا داشت. اما آن چه که مسلم است تعداد کثیری از کمباین‌هایی که در حال حاضر در نقاط مختلف کشور استفاده می‌شوند فاقد کابین می‌باشند. در خصوص چنین کمباین‌هایی، استفاده از وسایل حفاظت شنوایی کاملاً ضروری است. تمامی محافظ‌ها برای حفاظت شنوایی کاربر بوده و عملاً سطح صدایی را که به گوش می‌رسد کاهش می‌دهند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود:

تراز فشار صدا با توجه به افزایش بسامد روند کاهشی داشته و در بسامد ۴۰۰۰ هرتز که گوش انسان از حساسیت بالاتری برخوردار است به‌ترتیب برای کمباین‌های جاندیر و سمپو به میزان ۸۷/۹۶ و ۸۴/۷۳ دسی‌بل می‌باشد که این تفاوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است.

با توجه به توصیه کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور، در بسامد ۴۰۰۰ هرتز، تراز فشار صدای کمباین سمپو در محدوده مجاز بوده و این در حالی است که تراز فشار صدای کمباین جاندیر فراتر از حد مجاز می‌باشد. بنابراین به‌کارگیری کمباین جاندیر در مدت زمان طولانی، استفاده از عایق صوتی در گوش راننده را ضروری می‌سازد.

در گستره بسامدهای پایین و متوسط، تراز فشار صدا با نوسانات بیشتری همراه است. این در حالی است که در گستره بسامدهای بالا، نوسانات کمتری دیده می‌شود.

افزایش دور موتور و تغییر نسبت دنده به سمت دنده‌های بالاتر، باعث افزایش تراز فشار صدای منتشره خواهد شد. همچنین تغییر وضعیت عملیاتی از حرکت آزاد به حالت برداشت و کاهش فاصله میکروفن موجب افزایش تراز فشار صدا می‌شود. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد وجود کابین در هر دو نوع کمباین، تأثیر قابل توجهی بر کاهش صدا داشت. میانگین کاهش تراز فشار صدا در نتیجه استفاده از کابین برای کمباین جاندیر و سمپو به‌ترتیب برابر ۹/۳۹ و ۵/۶۶ دسی‌بل می‌باشد. یعنی کابین نصب شده بر روی کمباین جاندیر در مقایسه با کابین کمباین سمپو در جلوگیری از انتقال صدا به درون کابین مؤثرتر می‌باشد. بنابراین وجود کابین موجب می‌گردد تا کاربر بتواند مدت زمان طولانی‌تری را به انجام عملیات اختصاص دهد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه اراک و همکاری شرکت کمباین‌سازی ایران انجام شد که از حمایت‌ها و همکاری‌های صورت گرفته قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

1. Attenborough, K., T. Waters-Fuller, K. M. Li, and J. A. Lines. 2000. Acoustical properties of farmland. Agricultural Engineering Research 76: 183-195.
2. Aybek, A., H. AtilKamer, and S. Arslan. 2010. Personal noise exposures of operators of agricultural tractors. Applied Ergonomics 41: 274-281.
3. Baker, D. E. 2002. Noise: The Invisible Hazard, Department of Agricultural Engineering. University of Missouri-Columbia.
4. BehrooziLar, B., M. Payandeh, J. Bagheri, and Z. Khodarahm Pour. 2012. Comparison of noise level of tractors with cab and without in different gears on driver ear and bystander. African Agricultural Research 7 (7): 1150-1155.
5. Bilski, B. 2012. Exposure to audible and infrasonic noise by modern agricultural tractors operators. Applied Ergonomics 44 (2): 210-214.
6. Depczynski, J., K. Challinor, and L. Fragar. 2011. Changes in the hearing status and noise injury prevention practices of Australian farmers from 1994 to 2008. Agromedicine 16 (2): 127-142.
7. Ghobadian, B. 1994. A parametric study on diesel engine noise. Ph. D. dissertation, Roorkee, India: Roorkee University. Department of Mechanical and Industrial Engineering.
8. Grandjean, E. 1988. Acoustic noise emitted by machinery and equipment measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions-survey method in situ. ISO

Archive of SID

www.SID.ir

11202. Switzerland.
9. Hassan Beygi, S. R., and B. Ghobadian. 2005. Noise attenuation characteristics of different road surfaces during power tiller transport. Agricultural Engineering International: The CIGR EJournal. Vol. VII. Manuscript PM 04 009. Retrieved May 10, 2009.
10. ISO 5131. 1996. Acoustics: Tractors and machinery for agriculture and forestry measurement of noise at operator's position.
11. ISO 7216. 1992. Acoustics: Agricultural and forestry wheeled tractors and self-propelled machines. Measurement of noise emitted when in motion.
12. McBride, D. I., H. M. Firth, and G. P. Herbison. 2003. Noise exposure and hearing loss in agriculture: a survey of farmers and farm workers in the southland region of New Zealand. Journal of Occupational and Environmental Medicine 45 (12): 1281-1288.
13. Melemez, K., and M. Tunay. 2010. The investigation of the ergonomic aspects of the noise caused by agricultural tractors used in Turkish forestry. African Journal of Agricultural Research 5 (4): 243-249.
14. Meyer, R. E., C. V. Schwab, and C. J. Bern. 1993. Tractor noise exposure levels for bean-bar riders. ASAE Trans 36: 1049-1056.
15. NIOSH. 1996. Criteria for a recommended standard occupational noise exposure revised criteria.
16. Rahbar, N. 2008. Industrial audiology. Nashr Ketab Daneshgahi, Iran.
17. Sabanci, A., F. Özgüven, C. Özşahinoğlu, and F. Özsoy. 1985. Noise analysis on agricultural tractors and its effects to hearing ability. 8th Joint Ergonomics Symposium, Silsoe, Bedforshire, UK.
18. Sabanci, A. 1999. Ergonomics, first ed. Baku Publishing Inc., Adana. Publication No.13.
19. Sanders, M. S., and E. J. McCormick. 1992. Human factors in engineering and design. McGraw-Hill International Editions, Singapore. Psychology Series.
20. Saral, A., and A. Avcioglu. 2002. MotorlarveTraktorler. Ankara universitesi Ziraat Fakultesi. Yayin No: 1529. Ankara.
21. Sathyanarayana, Y., and M. L. Munjal. 2000. A hybrid approach for aeroacoustic analysis of the engine exhaust system. Applied Acoustics 60: 425-450.
22. Sehsah, E. E., M. A. Hemly, and H. M. Sorour. 2010. Noise test of two manufactured power tillers during transport on different local road conditions. International Journal Agricultural and Biological Engineering 3 (4): 1-9.
23. Solecki, L. 2000. Duration of exposure to noise among farmers as an important factor of occupational risk. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 7: 89-93.
24. Suggs, C. W. 1987. Noise characteristics of field equipment. ASAE Paper No.87-1598.
25. Sumer, S. K., S. M. Say, F. Ege, and A. Sabanci. 2006. Noise exposed of the operators of combine harvesters with and without a cab. Applied Ergonomics 37: 749 -756.

Archive of SID

www.SID.ir