ضرورت تفکیک صدا در کابین کمباین

شیوا اشرف[1*]، علی ملکی[1]، مجید لشگری [2] و رضا ابراهیمی[3]

۱- ایران، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم

۲- ایران، اراک، دانشگاه اراک، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم

۳- ایران، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان

* ایمیل نویسنده مسئول: sh_ashraf_eng@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه پس از شناخت آ سیب‌های فیزیکی، فیزیولوژیکی و روانی صدا و تاثیرات مخربی چون کاهش شنوایی، عدم تمرکز وخستگی که بر روی رانندگان ما شین‌های کشاورزی از جمله کمباین دارد، مفاهیمی چون صدا، نویز، تفکیک صدا به دو دسته‌ی صدای هوابرد و صدای سازه‌ای و کنترل نویز تعریف می‌شوند. در ادامه با بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه تعیین میزان فشار صدا در ماشین‌ها و کمباین‌های مختلف و در شرایط متفاوت مانند کمباین در حال کار یا آماده به کار، دورهای مختلف موتور، دنده‌های متفاوت و ... ، تفاوت در میزان فشار صدا در ماشین‌های بدون کابین و با کابین مشاهده می‌شود وهمچنین برخی از روش‌های صورت گرفته جهت کنترل نویز داخلی در کابین بیان می‌گردد. نهایتاً نتیجه می شود، با توجه به این‌که کابین خود عاملی برای کاهش صدای منتقله به گوش راننده می‌با شد، ولی به علت وجود دو رشته صدای هوابرد و سازه‌ای گاه سطح ارتعا شات تا حدی بالا است که سطح فشار صدا در محل گوش راننده در کمباین با کابین بیشتر از کمباین بدون کابین می شود که در واقع به دلیل بالا بودن سهم صدای سازه‌ای می‌باشد. لذا شناسایی میزان صدای سازه‌ای و هوابرد داخل کابین به صورت تفکیکی، می‌تواند به کنترل عوامل ایجاد بالاترین صدا یا نویز در داخل کابین کمک کند.

واژه‌های کلیدی: آکوستیک، صدای سازه‌ای، صدای هوابرد، نویز

مقدمه

امروزه اجتناب از مواجهه با آلودگی‌های زیست محیطی در زندگی روزمره و شغلی، امری غیرممکن به شمار می‌آید. از جمله آلاینده‌هایی که مورد توجه روزافزون قرار گرفته، منابع سروصدای محیطی و شغلی است. سروصدا یکی از ناهنجارترین پدیده‌های قرن حاضر است که منابع آن پیرامون زندگی انسان به صورت روزافزونی در حال ازدیاد بوده و قادر است به طور بالقوه در نقش منبعی برای صدمات و اختلالات جسمی و روانی عمل نماید. شناخت این منابع و به کارگیری 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 سروصدا، از دست رفتن حساسیت شنوایی می‌باشد (depczynski, 2011).

موضوع سروصدا و تاثیرات آن بر فعالان بخش کشاورزی از سالیان دور مورد توجه بوده و امروزه نیز همچنان ابعاد مختلف آن در دست بررسی است. به طور قطع افرادی که در امور مختلف کشاورزی مشغول هستند در معرض بسیاری از منابع سروصدا قرار دارند(بهروزی لارو همکاران، ۲۰۱۲)

شناخت منابع سروصدا و به‌کارگیری آموزش‌های صحیح و روش‌های موثر در کاهش تراز صوتی حاصل از آن‌ها، تا حد قابل ملاحظه‌ای از آثار زیان‌بار آلودگی‌های صوتی بر سلامت انسان خواهد کاست. برجسته‌ترین آسیب شنوایی ناشی از سروصدا از دست رفتن حساسیت شنوایی می‌باشد. در این میان عوامل متعددی باعث بروز افت شنوایی شده و شدت آن را تحت تاثیر 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 مواجهه بیشتر می‌شود. سروصدا در سطح بالای شدت، یعنی بیش از ۸۵ و یا ۹۵ دسی‌بل باعث کاهش شنوایی موقت و یا دائم گردیده اما در سطوح پایین‌تر شدت، بین ۵۰ تا ۸۰ دسی‌بل اثرات عمده به صورت آزاردهندگی و مزاحمت ظاهر شده و در ترکیب با سایر عوامل استرس زای محیطی باعث ایجاد یا تشدید اختلالات روانی می‌گردد.(sumer *et al*.2006)

کارگران بخش کشاورزی در بین سایر مشاغل از بالاترین میزان افت شنوایی برخوردار هستند. چنین مشکلی ناشی از وجود مولدهای متعدد سروصدا در مزرعه می‌باشد مانند: تراکتور، کمباین، چاپر، اره برقی، خشک کن و غیره(baker *et al*, 2002)

از طرفی کاهش مصرف سوخت از طریق کاهش وزن قطعات مصرفی در خودروها بیش از پیش آن‌ها را در معرض ارتعاشات ناخواسته و عدم کنترل نویز قرار داده است.(paul.A, 1994) از این رو پیش بینی رفتار آکوستیکی سیستم در فرکانس های مختلف کمک به رفع این مشکل از طریق روش‌های گوناگون همچون اصلاحات سازه‌ای، روش‌های غیرفعال کنترل نویز و در محصولات لوکس روش‌های فعال کنترل نویز خواهدکرد.(نویدفر و همکاران، ۱۳۸۸)

با توجه به این که محیط‌های پر سروصدا بر کارایی ذهن، تمرکز، دقت و زمان واکنش افراد موثرند لذا چنین تاثیراتی در نهایت موجب پایین آمدن کارایی و بهره‌وری افراد می‌شوند. بنابراین محیط کار رانندگان کمباین باید دارای شرایطی باشد تا عواملی چون صدا کمترین تاثیر را بر آنان داشته باشد به گونه‌ای که بتوانند از عهده وظایف عدیده در هدایت و کنترل کمباین برآیند. روش‌های کاهش صدا در ماشین‌ها به طور کلی به دو صورت امکان‌پذیر خواهد بود. روش فعال که از طریق کاهش صدای تولید شده به وسیله منابع تولید سدا از جمله موتور صورت می‌گیرد و روش منفعل که از طریق استفاده از کابین با طراحی ارگونومیک صورت می‌پذیرد.(bilski,2012)

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.

نتایج حاصل از تحقیق سامر وهمکاران(۲۰۰۶) در ۳۷ نوع کمباین مختلف نشان داد که با افزایش بسامد، میزان سطح صدا در کمباین ها 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 به ترتیب برابر ۹۰-۸۵ دسی‌بل، ۸۳-۸۱ دسی‌بل و ۸۱-۷۶ دسی‌بل اعلام شده است.

ملکی ولشگری(۱۳۹۱) در طی مطالعه‌ای که بر روی دو نوع کمباین جاندیر مدل۱۰۵۵ و سمپو مدل ۳۰۶۵ صورت گرفت، صدای این دو کمباین در شرایط مختلف چون 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 فاقدکابین وکابین دار در سه موقعیت متفاوت گوش کاربر، فاصله ۷/۵ متری و ۲۰ متری کمباین، اندازه‌گیری شد. پس از انجام آزمایش‌ها وجمع‌آوری اطلاعات به دست آمده، داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مشاهده شد که تراز فشار صدای ثبت شده در داخل کابین کمباین‌ها نسبت به کمباین‌های فاقد کابین، مقادیر کمتری داشته است. لذا این نتیجه نشان می‌دهد که کابین از انتقال صدای ناشی از موتور و سایر اجزاء محرک کمباین‌ها، که به آن‌ها صدای هوابرد گفته می‌شود، به داخل کابین ممانعت می‌کند. همچنین در برخی از بسامدهای مرکزی، تراز صدای ثبت شده در داخل کابین کمباین‌ها نسبت به کمباین‌های فاقد کابین، مقادیر بیشتری داشته است که ناشی از این است که در بسامدهای مذکور، صداها به صورت سازه‌ای منتشر شده اند.

بخش مهمی از نویز داخلی یک وسیله نقلیه از مسیرهای نویزسازه‌ای انتقال می‌یابد، از این‌رو سیستم انتقال قدرت نقش مهمی در تولید نویز داخلی ایفا می‌کند. ایزل و همکاران(۲۰۰۵) روش شبیه‌سازی نویز داخلی وسیله نقلیه (VINS) را جهت رسیدن به یک نویز داخلی مناسب استفاده کردند که طی آن اندازه گیری‌های (محاسبات) القا شده و توابع انتقال آن‌ها و محاسبات بعدی نویز داخلی در یک بازه را مشخص می‌کند. آن‌ها بیان داشته‌اند که به طور کلی صدای ضبط شده در کابین یک خودرو در محل گوش راننده متشکل از دو بخش صدای سازه‌ای و صدای هوابرد می‌باشد که صدای ساطع شده از موتور و اجزای تشکیل دهنده آن و کلیه بخش‌های خودرو بخصوص لوله‌ها وسوراخ‌های بخش مکش و تخلیه (اگزوز)، بخش صدای هوابرد را تشکیل می‌دهد و صدایی که توسط ارتعاشات سازه به کابین منتقل می‌شود و نتیجه ارتعاشات موتور و به طور کلی سیستم انتقال قدرت و شرایط مختلف جاده می‌باشد، بخش صدای سازه‌ای را تشکیل می‌دهد. روش VINS اجازه می‌دهد که صدای داخلی وسیله نقلیه به طور واضح به دو میدان یا رشته‌ی هوابرد و سازه‌ای جداسازی شود. بدین ترتیب مسیرهای نویز بحرانی شناسایی شده و با مقایسه داده‌های اندازه‌گیری شده با اطلاعات بدست آمده از این روش ، جهت رسیدن به یک شرایط مطلوب از نویز داخلی، اصلاح می‌گردند.

نویدفر و همکاران(۱۳۸۸) اقدام به شبیه‌سازی یک خودروی شورلت پیکاپ C2500 کرده‌اند که پس از انجام آنالیزهای تجربی و آنالیزهای عددی مربوطه و اعتبار سنجی مدل شبیه‌سازی شده، سطح فشار صوت در کابین خودرو در محل گوش راننده را بدست آورده و با جداسازی نویز حاصله به دو دسته‌ی نویز هوابرد و نویز سازه‌ای، اقدام به انجام اصلاحات سازه‌ای جهت کاهش نویز سازه‌ای نمودند.

دسمت(۲۰۰۳) نیز جهت تعیین میزان افت فشار صوت ناشی از صدای هوابرد در کابین کمباین برداشت، پس از بررسی سه روش مدل‌سازی عددی تمام کوپل، نیمه کوپل و بدون کوپل بر روی یک مدل مقیاسی از کابین و پس از اعتیارسنجی مدل مقیاسی کابین، روش نیمه کوپل را به دلیل پیچیدگی هندسی کابین و دقت بالای آن در کسب نتیجه، تایید کرده است و این روش را بر روی یک کابین کمباین برداشت واقعی اجرایی نموده است که نهایتاً بازده با دقت بالایی به‌دست آمد.

هدف از این پژوهش بررسی تحقیقات صورت گرفته پیرامون صدا ونویز و تاثیرات مخرب آن بر روی اپراتور و چگونگی تفکیک و کنترل آن در کابین ماشین‌های کشاورزی بخصوص کمباین غلات می‌باشد.

صدا و نویز

صدا شکلی از انرژی است که توسط مکانیسم شنوایی قابل تشخیص است و به صورت یک موج مکانیکی طولی است که در محیط مادی منتشر و بصورت اغتشاشات ناخواسته و ناخوشایند موجب صدمه جسمی وروانی انسان می شود و امروزه به عنوان یک معضل بهداشتی و از مخاطرات حرفه‌ای و صنعتی وعامل استرس‌زای محیط زندگی بشمار می‌رود(رفیعی و ممبینی،۱۳۸۴)

صدا را می‌توان با استفاده از کمیت‌های آکوستیکی همچون سطح فشار صدا و طیف فرکانسی توصیف کرد. سطح فشار صدا، اغلب اصطلاحی است که در اندازه‌گیری میزان صدا در آکوستیک خودرو استفاده می‌شود و آن یک کمیت نسبی است که نسبت بین فشار صدای واقعی و فشار صدای مرجع ثابت را نشان می‌دهد. فشار صدای مرجع معمولاً همان آستانه‌ی شنوایی است که در سطح بین‌الملل بر روی مقدار20µpa در فرکانس 1kh به توافق رسیده‌اند. قرار گرفتن طولانی مدت در معرض سطوح فشار صدای بالا باعث آسیب شنوایی می‌شود.(novak, 2004)

یکی از فاکتورهای محیطی که بر روی سلامتی افراد تاثیرگذار است، مساله صداست. افزایش مواجهه با صدا نه تنها آزاردهنده است بلکه باعث آسیب شنوایی نیز می‌شود. بنا به تعریف هر صدای ناخواسته در گوش شنونده را نویز (Noise) می‌گویند.(حسن بیگی و همکاران، ۱۳۸۳)

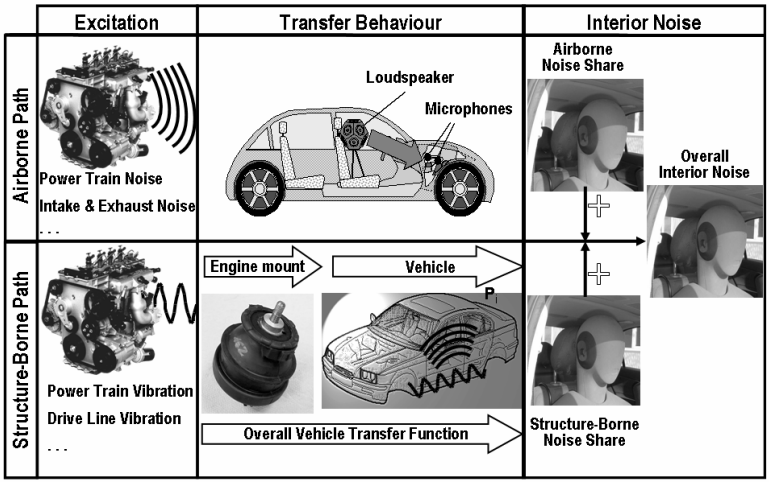
اصولاً نویز به عنوان یک صدای ناخواسته، اثرات فیزیکی، فیزیولوژیکی و اجتماعی بدی را داشته و می‌تواند در ارتباطات، خستگی و کاهش بازده تاثیرگذار باشد.(ekerbicer, 2008)

نویز سازه‌ای و نویز هوابرد

نویز تولید شده توسط اجزاء مختلف خودرو یا هر وسیله ای به دو طریق به داخل و یا محیط اطراف منتقل می شود:

- نویز از طریق هوا انتقال می‌یابد (نویز حمل شده توسط هوا و یا نویز هوابرد)
- نویز از طریق سازه انتقال می یابد (نویز حمل شده توسط سازه و یا نویز سازه‌ای)

به طور مثال در یک خودروی سواری اجزایی چون موتور، سیستم نیروی محرکه خودرو، اگزوز و غیره بخش صدای هوابرد، و ارتعاشات ناشی از موتور و سیستم انتقال قدرت، ارتعاشات ناشی از شرایط جاده، موتور و به طورکلی تمامی ارتعاشاتی که به کابین راننده انتقال می یابد بخش صدای سازه‌ای را تشکیل می‌دهد.(eisele et al, 2005)



شکل ۱. تفکیک صدا به دو مسیر صدای هوابرد وصدای سازه‌ای.

روش‌های کنترل نویز

هدف از جداسازی صدای تولید شده به دو دسته‌ی هوابرد وسازه‌ای کنترل نویز در سه گروه اصلی می‌باشد:

۱. کنترل نویز منبع
۲. کنترل نویز در مسیر
۳. کنترل نویز در دریافت کننده

لی و کیم (۲۰۰۷) در طی تحقیقاتی که بر روی سیستم اکسل یک وسیله نقلیه ورزشی انجام داده‌اند اقدام به تعیین نویز داخلی تولید شده به‌وسیله اکسل خودرو کرده‌اند. آنها جهت کنترل نویز در مسیر با در نظر گرفتن سیستم اکسل به عنوان یک سیستم تعلیق پنج لینکه که به قاب شاسی متصل است و قاب به بدنه خودرو متصل می‌شود، اقدام به شناسایی ۹ مسیر انتقال ارتعاش از سیستم اکسل به بدنه خودرو نمودند. سپس در طی عملیاتی جهت ایزوله سازی این صدای سازه‌ای از یکسری لاستیک‌ها با خاصیت

دمپینگ، مابین کلیه‌ی اتصالات سیستم استفاده کردند که انرژی ارتعاشی را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کرد. پس از اندازه‌گیری شتاب در قبل و بعد از استفاده از لاستیک‌ها در کلیه‌ی مسیرها و مقایسه‌ی نتایج به‌دست آمده، متوجه شدند که سطح فشار صوت تا حدود 20db کاهش داشته است.

همچنین پس از تفکیک سیستم اکسل به دو قسمت اکسل تنها و اکسل مونتاژ شده و مقایسه‌ی نتایج نویز به‌دست آمده از این دو حالت ، با دندانه دار کردن کاور اکسل و افزایش ضخامت حامل از 1.8mm به 3.3mm ، اقدام به کنترل نویز در منبع نمودند که نهایتاً با کاهش صدای ۲ تا 3db رو به رو شدند.

نویدفر نیز پس از انجام آنالیزهای بسیار ی که بر روی کابین یک شورلت پیکاپ انجام داده‌است، با استفاده از جاذب صوتی در کابین خودرو که در واقع همان کنترل نویز در دریافت کننده می‌باشد، صدا را تا حدود 15db کاهش داد.

نتایج و بحث

در بیشتر این پژوهش‌ها آنالیزهای صورت گرفته جهت رسیدن به سطح فشار صوت در محل گوش راننده، در دسته‌ی آنالیزهای ارتعاشی و فرکانسی است اما مقالاتی نیز آورده شده که اقدام به استفاده‌ی تلفیقی از آنالیزهای ارتعاشی و آکوستیکی نموده‌اند و جوابی دقیقتر و صحیح‌تر دریافت کرده‌اند.

در روش تلفیقی به طور کلی جهت دستیابی به میزان صدای داخل کابین و ارزیابی جداسازی صدای سازه‌ای و صدای هوابرد، قدم اول شبیه‌سازی کابین و تفکیک آنالیزهای صورت گرفته به دو بخش تحلیل ارتعاشی و تحلیل آکوستیکی می‌باشد. به این ترتیب که پس از شبیه سازی مدل در نرم افزار مربوطه و انجام تحلیل ارتعاشی که آنالیز فرکانسی نیز شامل آن می‌باشد، و یافتن فرکانس‌های طبیعی و موثر، تغییرمکان‌های نقاط مختلف سازه‌ی کابین در این فرکانس‌ها، به هوای داخل انتقال یافته و رفتار آکوستیکی فضای داخل تعیین و مورد بحث قرار می‌گیرد. در واقع در این مرحله با یافتن سطح فشار صوت در محل گوش راننده، به صورت تفکیکی از صدای هوابرد و صدای سازه‌ای، می‌توان نویز غالب را مشخص کرد و با توجه به مطالب گفته شده در بخش‌های قبلی جهت کنترل نویز مناسب اقدام نمود.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که گفته شد بالا بودن تراز صوت اثرات زیان آوری چون کاهش حساسیت شنوایی، خستگی و کاهش ایمنی راننده را به‌همراه دارد و کارگران بخش کشاورزی بیشتر از سایر مشاغل در معرض سروصدا قرار دارند. لذا جهت کاهش این آسیب‌ها و بالا بردن راندمان کاری داشتن آگاهی کامل از صدا و انواع آن و ترازهای صدای آسیب‌رسان امری ضروری است. گفته شد که صدا تفکیکی از دو دسته‌ی صدای سازه‌ای و صدای هوابرد می‌باشد و گاه به دلیل بالا بودن سطح ارتعاشات در کمباین میزان صدای سازه‌ای از صدای هوابرد بیشتر است و منجر به بالا رفتن سطح فشار صوت در محل گوش راننده در کمباین با کابین نسبت به

کمباین بدون کابین می‌شود. بنابراین تفکیک صدا به دو رشته‌ی هوابرد و سازه‌ای در پی بردن به سهم هر یک در تولید نویز داخلی کمک کرده و بر این اساس می‌توان اقدام به اصلاح سازه و کنترل نویز نمود تا در نهایت سطح صدای داخلی کابین کمباین کاهش یافته و محیطی آرام‌تر و ایمن‌تر را برای رانندگان فراهم سازد. در این بین بهترین روش استفاده از روش تلفیقی ارتعاشی–آکوستیکی می‌باشد.

منابع

نویدفر، م.، ضیایی راد، س.، اصفهانیان، م.، خرم مبارکه، ا.، ۱۳۸۸. شبیه سازی و محاسبه سطح نویز حمل شده توسط سازه در داخل خودرو به روش المان محدود. مجله علمی پژوهشی مهندسی مکانیک مجلسی. سال دوم. شماره چهارم. صفحات۱۹تا۲۵.

حسن بیگی بیگدلی،ر.، قبادیان، ب.،کمالیان، ن. و نصیری، پ.، ۱۳۸۳. بررسی و تحلیل سروصدای یک تراکتور دو چرخ در حال کشیدن یک تریلر در جاده آسفالت روستایی"، مجله ی علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره چهارم، صفحات ۲۲۵تا۲۳۸.

رفیعی. ا، ممبینی. د. پژوهش وارزیابی عوامل آلودگی صوتی در کارخانه کوثر. ۱۳۸۴. دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور. اهواز. ایران.

ملکی.، ع.، لشگری.، م.،۱۳۹۱. تحلیل بسامدی طیف باند یک سوم اکتاو تراز فشار صدا در کمباین غلات. نشریه ماشن های کشاورزی. جلد۴. شماره۲. نیمسال دوم ۱۳۹۳. صفحات ۱۵۴–۱۶۵.

Aybek, A., H. AtilKamer, and S. Arslan. 2010. Personal noise exposures of operators of agricultural tractors. Applied Ergonomics 41: 274-281.

Baker, D. E. 2002. Noise: The Invisible Hazard, Department of Agricultural Engineering. University of Missouri-Columbia

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 Journal of Agricultural Research 7 (7): 1150-1155.

Bilski, B., 2012. Exposure to audible and infrasonic noise by modern agricultural tractors operators. Applied Ergonomics (In press).

Desmet. W, Plymers. B, Sas. P, "Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery cabins", *Journal of sound and vibration*, 266, 404-441 (2003).

Depczynski. J, K. Challinor, and L. Fragar, "Changes in the hearing status and noise injury prevention practices of Australian farmers from". *Journal of Agromedicine*, 16(2),127-142 (2011).

Ekerbicer. H, Saltik. A, " The health consequences of industrial noise and methods for protection", TAF Preventive Medicine Bulletin, 7(3), 261-264 (2008).

Eisele. G, Wolff. K, Alt. N, " Application of vehicle interior noise simulation (VINS) for NVH analysis of a passenger car", FEV Motorentechnik GmbH Technical Publication, www.fev.com (2005).

Eisenstein, Paul. A, "NVH, the new battleground", *Journal of automotive industries*, Vol. 147, 108-111(1994).

Lee. S-K, Kim. J-Y, "Identification of the interior noise generated by sport utility vehicle axles and structural modification of the axle system for noise reduction", *Journal of automobile engineering*, Vol. 222, *205*-219 (2007).

Novak. C, Ule. H, Gaspar. R, "Use of sound quality metrics for the analysis of automotive intake noise". Can. Acoust. 32 (3), 100-101(2004).

Sumer, S. K., S. M. Say, F. Ege, and A. Sabanci, "Noise exposed of the operators of combine harvesters with and without a cab", Applied Ergonomics 37: 749 -756(2006).