

طراحی، ساخت و ارزیابی صدا خفه کن آگزوز تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹
ایرج رنجبر^۱، داود محمدزمانی^{۲*}، فرامرز رنجبر^۳ و سامان کرمی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۱۱

چکیده

سامانه آگزوز، گازهای سوخته شده را از محفظه احتراق موتور به جو انتقال می دهد و صدای موتور را در صدا خفه کن لوله خروجی آگزوز کاهش می دهد. گازهای خروجی از طریق یک لوله، خودرو را ترک می نمایند. در این تحقیق یک صدا خفه کن آگزوز تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ طراحی و ساخته شد و پس از آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت. سامانه آگزوز در یک موتور خودرو شامل مانیفولد دود، لوله آگزوز، صدا خفه کن و لوله دود پخش کن انتهایی است. برای کاستن از سرعت گازهای خروجی موتور و در نتیجه کاهش صدای موتور، از صدا خفه کن استفاده می شود. صدا خفه کن طوری طراحی می شود که گازهای خروجی موتور در آن به آهستگی انبساط یافته و نیز به اندازه کافی از انرژی حرارتی آن کاسته شود. طراحی صدا خفه کن از نظر شکل و محفظه در حذف فشار منفی و صداهای ناهنجار تأثیر مهمی دارد. در طراحی و ساخت این صدا خفه کن، ماده پشم سنگ که یک عایق صوتی و کاهنده صدا است به کار برده شد و پس از آزمون و ارزیابی، نتیجه نشان داده شده حاکی از آن بود که شدت صدای خروجی از صدا خفه کن می تواند تا میزان ۱۵ dB(A) نسبت به طرح استاندارد فعلی صدا خفه کن آگزوز تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ کاهش یابد.

واژه های کلیدی: صدا خفه کن، کاهش سر و صدای موتور، طراحی آگزوز، کاهش صدای آگزوز

۱ و ۲: به ترتیب دانشیار و استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

۳: استادیار گروه مکانیک - دانشگاه تبریز

۴: کارشناس ارشد رشته مکانیک ماشین های کشاورزی

(* نویسنده مسئول: dr.dmzamani@gmail.com)

صدای منتشر شده از خودروها و تراکتورها یکی از مشکلات اساسی تولید سرو صدا است. برات قبادیان و همکاران (۱۳۸۳) در تحقیقی با عنوان بررسی و تحلیل سرو صدای یک تراکتور دوچرخ در حال کشیدن یک تریلر در جاده آسفالت روستایی، به بررسی آلودگی صوتی ناشی از تراکتور دوچرخ پرداختند. آن‌ها اظهار داشتند که در ایران علاوه بر به‌کارگیری تراکتورهای دوچرخ در انجام عملیات مزرعه‌ای، از آن‌ها برای حمل و نقل بار و مسافر در جاده‌های آسفالت روستایی نیز استفاده می‌شود. علی‌رغم مشکلات ناشی از سرو صدای این ماشین‌ها و آثار سوء همه‌جانبه آن بر کاربران و اطرافیان، تاکنون تحقیقات جامعی از نظر ارزیابی مدل‌های پیشگویی صدا روی آن‌ها انجام نگرفته است. بررسی‌های اولیه در پژوهش آن‌ها بیانگر آن بود که تراز سرو صدای تراکتور دوچرخ با توان ۱۳ اسب بخار در سرعت موتور ۲۲۰۰ دور بر دقیقه به 92 dB(A) می‌رسد که در مقایسه با حد استاندارد 85 dB(A) نگران‌کننده است.

مواد و روش‌ها

در اجرا و ساخت این تحقیق ماده پشم سنگ که جزو خانواده عایق‌های حرارتی متشکل از الیاف معدنی است و از سنگ‌های طبیعی آذرین مذاب ساخته می‌شود به کار برده شد و به طراحی و ساخت یک طرح جدید صدا خفه کن برای تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ انجامید. با توجه به مقایسه‌های انجام شده با ساختار قبلی آگزوز تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹، به تهیه نمودار و جداول تحلیلی برای نمایش نتایج حاصله پرداخته می‌شود. در این پژوهش سیگنال‌های سرو صدای تراکتور مسی

آلودگی صوتی یکی از انواع آلودگی‌های زیست محیطی است که سلامت و بقای موجودات زنده را تهدید می‌کند و به مخاطره می‌افکند. میزان عوارض جسمی و روحی این نوع آلودگی بر انسان به ویژه در محیط شهری به اندازه‌ای است که برای آن، استانداردهای فنی و بین‌المللی تعیین شده است و دولت‌ها و متولیان شهری اصولاً به رعایت آن‌ها ملزم هستند. در برخی کلان شهرها میزان این آلودگی فراتر از حد مجاز است و طبق بررسی‌های فنی پراکنده، برخی نقاط در مرحله بحرانی و خطرناک به سر می‌برند.

نکته مهمی که اغلب کارشناسان درباره افزایش میزان آلودگی صوتی شهرهای بزرگ به آن اشاره دارند، نداشتن راهبردی جامع در سطوح مختلف مدیریتی و فنی برای کاهش آن در گذشته و حال حاضر است. احتمالاً عادت کردن گوش مردم به این نوع آلودگی و دشواری‌های مقابله با آن دلیل این جدی نگرفتن و بی‌توجهی مزمین است؛ اما به راستی مگر می‌توان این معضل جدی و آلودگی پر عارضه را که روش‌های کاهش آن امروز به یکی از شاخصه‌های ایمنی و سلامت شهرها تبدیل شده است، بدین آسانی نادیده گرفت و درباره‌اش بی‌اعتنا بود. در حقیقت هزینه‌های سنگین و جبران ناپذیر آلودگی صوتی در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی، رفاهی، بهداشتی و درمانی و ... نادیده انگاشتن آن را در بلندمدت به آسیبی جدی برای شهروندان مبدل می‌کند که باید برایش چاره‌ای اندیشید. در این باره پیش از هر کار لازم است هزینه‌های یک واحد آلودگی صوتی در محیط شهری تعیین شود تا شاید هشدار و انگیزه‌ای برای شروع اقدامات عملی و ملموس برای مقابله با آن باشد.

فرگوسن نو و در وضعیت سالم که مشخصات آن در جدول (۱) آمده است، اندازه گیری و ضبط شد.

جدول ۱: مشخصات فنی تراکتور ۳۹۹

Table 1: Technical characteristic of 399 Tractors

| مشخصات موتور | |
|---------------|-----------------|
| ساخت | شرکت موتورسازان |
| مدل | ۱۰۰۶-۶ |
| حداکثر قدرت | ۱۱۰ اسب بخار |
| تعداد سیلندر | ۶ |
| قطر سیلندر | ۱۰۰ میلی متر |
| کورس پیستون | ۱۲۷ میلی متر |
| حجم جابه جایی | ۶ ایتر |
| نسبت تراکم | ۱/۱۶ |

سرعت باد در هنگام اندازه گیری کمتر از 5 m/s یا 19 km/h بود. برای بررسی آثار سرو صدای تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ بر روی راننده و اطرافیان اندازه گیری‌ها به دو صورت زیر انجام شد:

الف) اندازه گیری طیف سرو صدای ساطع شده از تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ در موقعیت گوش راننده.

ب) اندازه گیری طیف سرو صدای ساطع شده از تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ در موقعیت اطرافیان.

در اندازه‌گیری طیف تراز سرو صدای تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ در موقعیت گوش راننده، میکروفون در ارتفاع $1/7$ متر از سطح مسیر آزمون به صورت افقی و به فاصله ۱۰۰ میلی متر از گوش راست راننده نصب گردید. شکل (۱-ب) ابعاد ناحیه اندازه گیری صدا و تجهیزات اندازه گیری صدای نصب شده روی تراکتور مسی فرگوسن در حال

برای انجام این کار تلاش گردید تا:

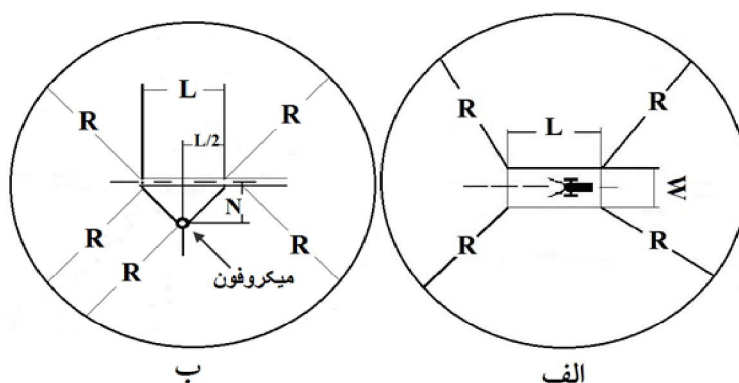
الف) قبل از انجام آزمون‌ها، متغیرها و محدوده تغییرات آن‌ها به طور دقیق بررسی شود.
ب) مکان آزمون به طور دقیق و صحیح طراحی و انتخاب شود.

ج) ابزارها و تجهیزات اندازه گیری مورد استفاده حتی‌الامکان داده‌های ضروری را به طور دقیق اندازه گیری و ضبط نماید.

ویژگی‌های مکان آزمون تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ بر اساس استانداردهای سازمان بین‌المللی استانداردها (ISO) (آنونیموس، ۱۹۹۶) و انجمن مهندسان خودرو (ASE) (آنونیموس، ۱۹۸۵) انتخاب گردید تا ناحیه اندازه گیری مکانی مسطح و باز و دارای پوشش عاری از خاکستر یا برف باشد. سطوح منعکس کننده بزرگ مانند ساختمان‌ها، ماشین‌های دیگر، تابلوهای تبلیغاتی و درختان در فاصله ای با شعاع حداقل ۱۵ متر (R در شکل ۱-الف) از تراکتور مسی فرگوسن مورد آزمون یا میکروفون قرار داشته و

همراه با تجهیزات اندازه گیری و ضبط صدا نصب شده بر پایه در حال انجام آزمایش را نشان می دهد. در شکل (۱-ب) نیز R حداقل ۳۰ متر، L (طول مسیر حرکت تراکتور مسی فرگوسن) $14/5$ متر و N (موقعیت میکروفون نسبت به طول مسیر حرکت تراکتور مسی فرگوسن) حداقل $7/5$ متر می باشد. مشخصات فنی نمونه صدا سنج به کار برده شده، در جدول ۲ و (شکل ۲) نشان داده شده است.

انجام آزمایش را نشان می دهد. برای اندازه گیری طیف تراز سرو صدای تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ در موقعیت اطرافیان، میکروفون در ارتفاع $1/2$ متر از سطح مسیر آزمون و به فاصله $7/5$ متر از خط مرکزی عبور تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ (N در شکل ۱-ب) در حالی که میکروفون افقی است، نصب گردید. شکل (۱-ب) ابعاد ناحیه اندازه گیری صدا، هم چنین تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹



شکل ۱: ابعاد ناحیه اندازه گیری

Figure 1: Dimensions of Measurement

جدول ۲: مشخصات فنی صدا سنج به کار برده شده

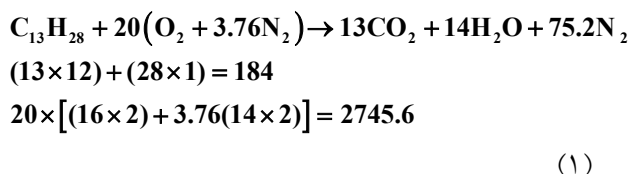
Table 2: Technical characteristic of sound level Meters

| | |
|---------------------------------|-----------------------|
| صدا سنج | نام ابزار اندازه گیری |
| مدل DB200 | مدل |
| $L_{min}, L_{max}, L_{eq}, L_A$ | تراز اندازه گیری |
| ۳۰dB - ۱۳۰dB | محدوده اندازه گیری |
| Z, A, C | شبکه اندازه گیری |
| شرکت Kimo فرانسه | ساخت |



شکل ۲: نمونه صدا سنج به کار برده شده

Figure 2: used sound evaluation Model



نسبت جرمی هوا به سوخت استوکیومتری:

$$AF = \frac{m_a}{m_f} = \frac{m_a}{m_f} = \frac{2745.6}{184} = 14.922 \quad (2)$$

m_a = جرم مولکولی هوا

m_f = جرم مولکولی سوخت

m_f = آهنگ مصرف سوخت بر حسب جرم در واحد زمان

m_a = آهنگ مصرف هوا بر حسب جرم در واحد زمان

محاسبه انرژی گرمایی حاصل از احتراق سوخت:

$$Q_{tot} = \frac{P_{b_{ENG}}}{\eta_m} = \frac{81}{0.84} = 238kw \quad (3)$$

Q_{tot} = انرژی گرمایی حاصل از احتراق سوخت

$P_{b_{ENG}} = 110hp$ = توان ترمزی موتور

$\eta_m = 84\%$ (منبع: کتاب راهنمای تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹)

محاسبات و نحوه طراحی و ساخت صدا خفه کن

برای تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹

روش استاندارد بر آورد دبی حجمی محصولات

احتراق

فرآیند احتراق مشتمل بر اکسیداسیون اجزای

مواد سوختی است که قابلیت اکسید شدن دارند و لذا می توان آن را به صورت معادله ای شیمیایی بیان کرد.

در طی فرآیند احتراق جرم هر عنصر ثابت می ماند.

بنابراین نوشتن معادلات شیمیایی و حل مسایلی که

دربردارنده مقادیری از اجزای مختلف هستند، اساساً

مستلزم بقای جرم هر عنصر است. همه مواد اولیه ای

که در فرآیند احتراق شرکت می کنند مواد اولیه و همه

مواد حاصل از فرآیند احتراق محصولات احتراق

نامیده می شوند. وقتی یک سوخت هیدروکربنی

می سوزد، کربن و هیدروژن هر دو اکسید می شوند.

طراحی و ساخت صدا خفه کن برای تراکتور مسی

فرگوسن مدل ۳۹۹ بر اساس دبی حجمی محصولات

احتراق است. سوخت مصرفی تراکتور مسی فرگوسن

مدل ۳۹۹ گازوئیل است. احتراق با نسبت هوا به

سوخت استوکیومتری برای گازوئیل به صورت زیر

است:

$$m_g = \text{آهنگ جرمی مصرف مخلوط هوا و سوخت}$$

$$(kg/h)$$

$$\rho_g = \text{چگالی دود گاز بر حسب } kg/m^3$$

محاسبه قطر لوله داخلی صدا خفه کن

$$A = \frac{\pi}{4} ID_c^2 = \frac{\pi}{4} (3.334 \times 25.4)^2 = 5632.335 mm^2$$

$$ID_c = \text{قطر داخلی لوله مرکزی}$$

(۸)

به منظور جلوگیری از ایجاد پس فشار و تخلیه راحت تر دود آگزوز می بایستی مجموع سطح مقطع سوراخ های لوله مرکزی بزرگتر از سطح مقطع داخلی لوله مرکزی در نظر گرفته شود. در طراحی لوله داخلی صدا خفه کن ۱۰ ردیف سوراخ هر کدام به قطر ۱۰ میلی متر و جمعاً ۱۴ سوراخ در هر ردیف نظر گرفته می شود. سرعت و فشار دود و گاز خروجی از موتور به درون آگزوز خیلی بالا است، لذا برای کاستن فشار و سرعت، فاصله سوراخ ها به صورت لگاریتمی محاسبه می گردد. فاصله های لگاریتمی باید متناسب با استحکام ورق و دمایی که دود خروجی دارد در نظر گرفته شود تا ضمن کاهش فشار، صدای خروجی به مرور کاهش یابد. ده ردیف سوراخ وجود خواهد داشت پس از Log11 باید شروع کرد (شکل ۳). اگر سوراخ های ابتدایی نزدیک به هم باشند فاصله بین ردیف ها کم می شود و گرما و رطوبت باعث از بین رفتن و اکسیده شدن ورق آگزوز می شوند. بنابراین برای دوام و عمر بیشتر ورق آگزوز و جلوگیری از تنش حرارتی و اکسیده شدن و نیز محدودیت طول کل صدا خفه کن حداقل فاصله انتخابی ۲۰mm در نظر گرفته می شود. پس برای حفظ فاصله بین ردیف ها، تمامی اندازه های لگاریتمی محاسبه شده در یک ضریب (X) ضرب

آهنگ مصرف هوا

$$m_a = AF \times m_f = 14.922 \times 5.6837 \times 10^{-3}$$

$$= 0.08481 kg/sec \Rightarrow 305.17 kg/h$$

(۴)

محاسبه آهنگ مصرف سوخت

$$Q_{tot} = m_f(LCV)\eta_b \Rightarrow m_f = \frac{Q_{tot}}{(LCV)\eta_b} = \frac{238}{42750 \times 0.98}$$

$$m_f = 5.6837 \times 10^{-3} kg/sec \Rightarrow 20.45 kg/h$$

(۵)

$$\eta_b = \text{بازده احتراق}$$

$$LCV = \text{ارزش حرارتی پایین سوخت}$$

حجم جابجایی یک سیلندر تراکتور مسی فرگوسن

مدل ۳۹۹

$$V_{cyl} = \frac{\pi}{4} LD^2 = \frac{\pi}{4} \times 0.127 \times 0.1^2 = 9.975 \times 10^{-4} m^3$$

(۶)

$$V_{cyl} = \text{حجم جابجایی یک سیلندر}$$

$$L = \text{طول کورس پیستون}$$

$$D = \text{قطر سیلندر}$$

حجم جابجایی کل سیلندر تراکتور مسی فرگوسن

مدل ۳۹۹

$$V_t = N_{cyl} \times V_{cyl} = 6 \times 9.975 \times 10^{-4} = 5.985 \times 10^{-3} m^3$$

(۷)

$$V_t = \text{حجم جابجایی کل}$$

$$N_{cyl} = \text{تعداد سیلندر}$$

$$V_{cyl} = \text{حجم جابجایی یک سیلندر}$$

دبی حجمی محصولات احتراق

$$V_g = \frac{m_g}{\rho_g} = \frac{0.090494}{0.464} = 0.195 m^3/sec$$

(۷)

$$\text{Log}11 - \text{Log}10 = 1.0413 - 1 = 0.0413 \Rightarrow$$

$$0.0413 \times 483.177 = 20.0\text{mm}$$

$$\text{Log}10 - \text{Log}9 = 1 - 0.9542 = 0.0457 \Rightarrow$$

$$0.0457 \times 483.177 = 22.1\text{mm}$$

.

.

$$\text{Log}10 - \text{Log}9 = 1 - 0.9542 = 0.0457 \Rightarrow$$

$$0.0457 \times 483.177 = 22.1\text{mm}$$

می‌گردد تا حداقل فاصله ۲۰ mm رعایت شود و فاصله‌ها متقارن شوند.

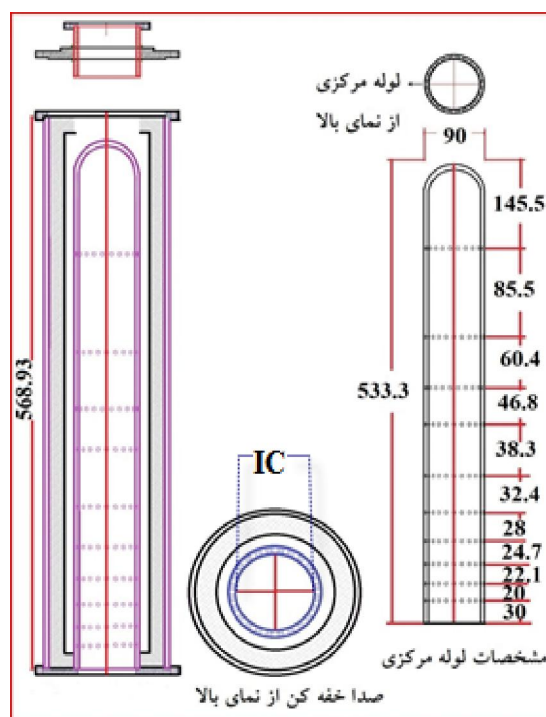
$$20\text{mm} \div (\text{Log}11 - \text{Log}10) = 483.177$$

$$X = 483.177$$

(۹)

(۱۰)

محاسبه فاصله بین ردیف‌ها



شکل ۳: نمای شماتیک صدا خفه کن طراحی شده (طرح و محاسبات محقق)

Figure4: View schematics muffler design (design and analysis Researcher)

گیرد. پس از تعیین محدوده تغییرات متغیرها، جدول و نمودار آزمون‌ها بر اساس آزمایش آزمون میانگین دو جامعه استخراج گردید. مجموع ترکیب‌های تیماری با ۵ تکرار برای آزمون‌ها به ۱۲۰ عدد رسید. با توجه به بررسی‌ها و انجام آزمایش‌های مقدماتی مشخص گردید که سیگنال‌های صدای ساطع شده از تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ که به طور متناوب تکرار می‌شوند و دارای تعداد زیادی بسامد می‌باشد که در کل گستره شنوایی انسان قرار دارند دوره

نتایج و بحث

انتخاب محدوده تغییرات متغیرها و جدول آزمون‌ها قبل از مبادرت به انجام آزمون‌ها، لازم بود در مورد محدوده تغییرات متغیرها یعنی: سرعت دورانی موتور، نسبت دنده در جعبه دنده و موقعیت میکروفون تصمیم‌گیری شود. محدوده تغییرات متغیرها طوری انتخاب شد، که بیشترین حالت‌های کار عادی تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ را در بر

تناوب سیگنال‌های صدا متناسب با سرعت دورانی موتور می‌باشد. بنابراین افزایش سرعت دورانی موتور باعث می‌شود که احتراق در موتور سریع‌تر صورت پذیرد و این بدین معنی است که دوره تناوب سیگنال صدا کمتر می‌شود که این پدیده محدودیت‌های بسیاری را در جهت اخذ و پردازش سیگنال‌های صدا به وجود می‌آورد. با توجه به این که اندازه گیری و پردازش سیگنال‌های فشار صدا ابزار مفیدی را در اختیار طراحان قرار می‌دهد تا تراکتوری با کارایی بهتر و با سرو صدای کمتر طراحی کنند، تلاش گردید تا اندازه گیری‌ها و پردازش سیگنال‌های صدا با دقت زیادی انجام پذیرد. هدف از تحلیل داده‌ها به دست آوردن اطلاعات کافی از سیگنال‌های فشار صدا در حوزه زمان است. از این رو در هر آزمون حداقل به مدت ۱۰ ثانیه، سیگنال صدا ضبط شد. داده های به دست آمده در این پژوهش، دو به دو هرکدام به صورت مستقل به کمک نرم افزار (SPSS) آنالیز رگرسیون شدند تا مدل‌های پیشگویی تراز صدای کلی تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ در موقعیت گوش راست راننده و اطرافیان بر اساس متغیرهای سرعت دورانی موتور و نسبت دنده جعبه دنده به

دست آیند. لازم به ذکر است که کلیه آزمون‌های مقایسه میانگین‌های سطوح آثار اصلی و متقابل متغیرها توسط آزمون (F) و (t) انجام گرفتند. نتایج حاصل از آزمون آگزوز اولیه و آگزوز طراحی شده برای تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ در جداول (۴و۳) نمایش و سپس آنالیز واریانس داده های حاصل از تحلیل صدای منتشر شده از آگزوز طراحی شده و آگزوز اولیه نصب شده بر روی تراکتور مذکور به صورت تراز کلی سرو صدا در جدول‌های (۵و۶) ارائه می‌شود.

جدول ۳: نتایج آزمون صدای خروجی از آگزوز طراحی شده و آگزوز اولیه تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ بر حسب دور موتور

Table 2: Results of the exhaust sound design and original exhaust MF 399 models according to engine speed

| میانگین تکرارها | آگزوز اولیه | | | | | میانگین تکرارها | سرعت دورانی موتور (rpm) آگزوز طراحی شده | | | | | تکرار |
|-----------------|-------------|------|------|------|------|-----------------|---|------|------|------|------|------------|
| | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | |
| ۸۱/۹۲ | ۸۱/۴ | ۸۱/۵ | ۸۱/۱ | ۸۲/۱ | ۸۳/۵ | ۷۲/۲۴ | ۷۱/۶ | ۷۲/۱ | ۷۲/۳ | ۷۲/۸ | ۷۲/۴ | ۱۰۰۰ |
| ۸۲/۰۸ | ۸۲/۶ | ۸۲/۱ | ۸۲/۲ | ۸۱/۴ | ۸۲/۱ | ۷۳/۵۸ | ۷۳/۳ | ۷۳/۹ | ۷۳/۸ | ۷۳/۴ | ۷۳/۵ | ۱۵۰۰ |
| ۸۳/۳ | ۸۳/۸ | ۸۳/۶ | ۸۳/۲ | ۸۳/۳ | ۸۲/۶ | ۷۳/۶۸ | ۷۳/۵ | ۷۳/۷ | ۷۳/۶ | ۷۳/۹ | ۷۳/۷ | ۱۷۰۰ |
| ۸۴/۱۲ | ۸۴ | ۸۴/۲ | ۸۴/۳ | ۸۳/۶ | ۸۴/۵ | ۷۴/۵۶ | ۷۴/۸ | ۷۵ | ۷۴/۵ | ۷۴/۵ | ۷۴ | ۲۰۰۰ |
| ۸۵/۹۴ | ۸۵/۴ | ۸۵/۵ | ۸۵/۷ | ۸۶/۲ | ۸۶/۹ | ۷۴/۹۶ | ۷۵ | ۷۵/۱ | ۷۵ | ۷۴/۹ | ۷۴/۸ | ۲۱۰۰ |
| ۸۸/۲ | ۸۸/۳ | ۸۸/۶ | ۸۸/۳ | ۸۸/۲ | ۸۷/۶ | ۷۶/۴۲ | ۷۶ | ۷۶/۱ | ۷۶/۸ | ۷۶/۲ | ۷۷ | ۲۳۰۰ |
| ۹۵/۳۴ | ۹۵/۷ | ۹۵/۷ | ۹۵/۵ | ۹۵/۴ | ۹۴/۵ | ۷۸/۲۴ | ۷۸/۳ | ۷۸/۲ | ۷۸/۶ | ۷۸/۱ | ۷۸ | گوش راننده |

جدول ۴: نتایج آزمون صدای خروجی از آگزوز طراحی شده بر روی تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ بر حسب نسبت دنده در جعبه دنده

Table 3: Results of the exhaust sound design and original exhaust MF 399 models Depending on the gear ratio in the gear box

| میانگین تکرارها | آگزوز اولیه | | | | | میانگین تکرارها | نسبت دنده در جعبه دنده | | | | | تکرار |
|-----------------|-------------|------|------|------|------|-----------------|------------------------|------|------|------|------|----------|
| | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | |
| ۸۵/۶۲ | ۸۶/۱ | ۸۶/۲ | ۸۵/۶ | ۸۵/۷ | ۸۴/۵ | ۷۶/۴۸ | ۷۶ | ۷۶/۲ | ۷۶/۸ | ۷۷/۱ | ۷۶/۳ | یک سبک |
| ۸۳/۵۴ | ۸۲/۶ | ۸۲/۶ | ۸۳ | ۸۴ | ۸۵/۵ | ۷۴/۴۸ | ۷۴/۵ | ۷۳/۹ | ۷۴/۲ | ۷۴/۶ | ۷۵/۲ | دو سبک |
| ۸۳/۷ | ۸۴/۵ | ۸۴ | ۸۴/۲ | ۸۲/۵ | ۸۳/۳ | ۷۲/۸۲ | ۷۲/۷ | ۷۲/۵ | ۷۳ | ۷۲/۸ | ۷۳/۱ | سه سبک |
| ۸۵/۲۶ | ۸۴/۷ | ۸۴/۵ | ۸۵ | ۸۶/۸ | ۸۵/۳ | ۷۶/۰۸ | ۷۵/۵ | ۷۵/۸ | ۷۶/۹ | ۷۶/۲ | ۷۶ | یک سنگین |
| ۸۶/۳۴ | ۸۸/۳ | ۸۷/۶ | ۸۶/۶ | ۸۵ | ۸۴/۲ | ۷۵/۴۸ | ۷۵/۸ | ۷۶/۱ | ۷۵/۴ | ۷۵/۱ | ۷۵ | دو سنگین |
| ۸۵/۱۲ | ۸۴/۶ | ۸۵/۴ | ۸۵ | ۸۴/۱ | ۸۶/۵ | ۷۴/۳ | ۷۴/۲ | ۷۴ | ۷۴/۶ | ۷۴/۲ | ۷۴/۵ | سه سنگین |

برهمکنش اثر سرعت دورانی موتور و موقعیت میکروفون

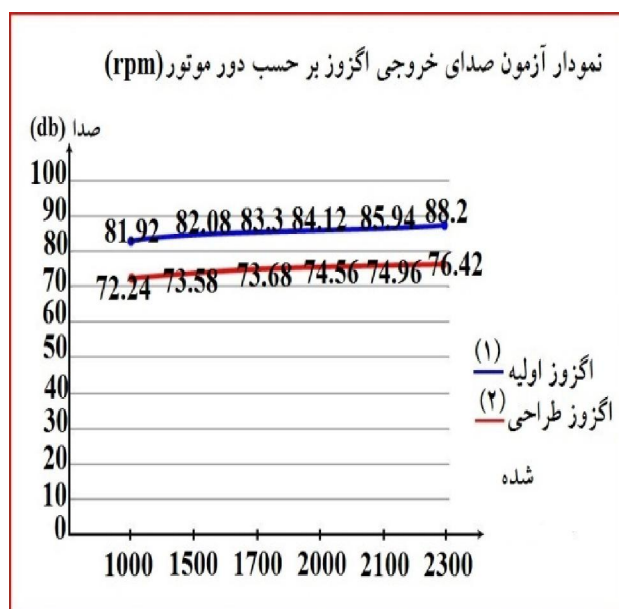
برهمکنش اثر سرعت دورانی موتور و موقعیت میکروفون بر مقادیر تراز صدای کلی در جدول (۵) ارایه شده است. نتایج نشان می‌دهد که با اطمینان ۹۵٪ آزمون (F) و (t) که برای دو گروه مستقل آگروز طراحی شده و آگروز اولیه تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ در نظر گرفته شده است، بین میانگین دو گروه اختلاف معنی داری وجود دارد. چون سطح اطمینان (Sig) کمتر از ۵٪ و مساوی صفر است. با افزایش سرعت موتور میانگین تراز صدای کلی دستگاه در موقعیت گوش راننده و اطرافیان افزایش یافته و تفاوت بین هر شش سطح سرعت موتور در سطح ۵٪ معنی دار است. داده‌های این جدول نشان می‌دهد که حداکثر افزایش معنی دار تراز صدای کلی در بیشترین سرعت دورانی موتور یعنی در دور ۲۳۰۰ rpm است که در این حالت

میزان کاهش صدا به مقدار ۱۱/۷۸ dB می‌باشد. هم چنین کمترین افزایش معنی دار تراز صدا در دور ۱۵۰۰ rpm است که این میزان کاهش صدا برابر ۸/۵ dB می‌باشد. داده‌های جدول (۵) هم چنین نشان می‌دهند که در دور های ۱۰۰۰ rpm، ۱۷۰۰ rpm، ۲۰۰۰ rpm و ۲۱۰۰ rpm حداکثر تفاوت معنی دار بین میانگین‌های تراز صدای کلی در موقعیت گوش راننده و اطرافیان به ترتیب برابر ۹/۶۸ dB، ۹/۶۲ dB، ۹/۵۶ dB و ۱۰/۹۸ dB می‌باشد. از جدول (۵) پیداست که در کلیه سطوح سرعت موتور تفاوت بین میانگین‌های تراز صدای کلی دستگاه برای میکروفون در موقعیت گوش راننده و اطرافیان در سطح ۵٪ معنی دار است و اختلاف معنی داری بین میانگین داده‌های به دست آمده از آزمون آگروز طراحی شده و میانگین داده‌های به دست آمده از آزمون آگروز اولیه وجود دارد.

جدول ۵: تجزیه واریانس صدای خروجی از آگروز تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ بر اساس سرعت دورانی موتور

Table 4: 399 Massey Ferguson tractor exhaust noise variance analysis model based on engine speed

| میانگین صدا (db) | انحراف معیار | Sig | آزمون F | آزمون t |
|------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| اگروز طراحی شده | اگروز طراحی شده | اگروز طراحی شده و اگروز اولیه | اگروز طراحی شده و اگروز اولیه | اگروز طراحی شده و اگروز اولیه |
| ۷۲/۲۴ | ۸۱/۹۲ | ۰/۳۹۳۴ | ۰/۸۵۱۶ | ۲۰۳/۵۴۹ |
| ۷۳/۵۸ | ۸۲/۰۸ | ۰/۲۳۱۶ | ۰/۳۸۷۷ | ۳۷۳/۲۹۹ |
| ۷۳/۶۸ | ۸۳/۳۰ | ۰/۱۳۳۰ | ۰/۴۰۹۲ | ۴۳۹/۷۳۸ |
| ۷۴/۵۶ | ۸۴/۱۲ | ۰/۳۱۶۱ | ۰/۳۰۵۸ | ۴۳۹/۹۴۵ |
| ۷۴/۹۶ | ۸۵/۹۴ | ۰/۴۳۱۳ | ۰/۵۵۲۵ | ۳۰۶/۹۳۲ |
| ۷۶/۴۲ | ۸۸/۲۰ | ۰/۴۰۲۲ | ۰/۳۲۷۹ | ۴۵۸/۹۳۳ |



شکل ۵: نمودار آزمون صدای خروجی از آگزوز (بر حسب دور موتور)

Figure5: Graphs of the exhaust sound test:
(Depending on engine speed)

دنده سبک و دنده سنگین اختلاف میانگین تراز صدای کلی دستگاه در موقعیت گوش راننده و اطرافیان افزایش یافته یعنی با افزایش سرعت (سبکی دنده) صدا بیشتر کاهش می‌یابد و تفاوت بین هر شش سطح دنده موتور در سطح ۵٪ معنی دار است. برای میکروفون در موقعیت گوش راننده و اطرافیان، حداکثر تفاوت معنی دار بین میانگین‌های تراز صدای اتفاق می‌افتد که این به میزان $10/88 \text{ dB (A)}$ است. هم چنین داده های جدول (۶) نشان می‌دهند که اختلاف میانگین تراز صدای کلی دستگاه در موقعیت گوش راننده و اطرافیان در دنده های یک سبک، یک سنگین، دو سنگین و سه سنگین به ترتیب برابر $9/14 \text{ dB (A)}$ ، $9/18 \text{ dB (A)}$ و $10/86 \text{ dB (A)}$ می‌باشد. در کلیه سطوح دنده‌ها تفاوت بین میانگین‌های تراز صدای کلی دستگاه برای میکروفون در موقعیت گوش راننده و اطرافیان در سطح ۵٪ معنی دار است و اختلاف معنی داری بین میانگین داده‌های به دست آمده از آزمون آگزوز

برهمکنش اثر نسبت دنده جعبه دنده و موقعیت قرارگیری میکروفون

اثر نسبت دنده جعبه دنده و موقعیت قرارگیری میکروفون در جدول (۶) گزارش شده‌اند.

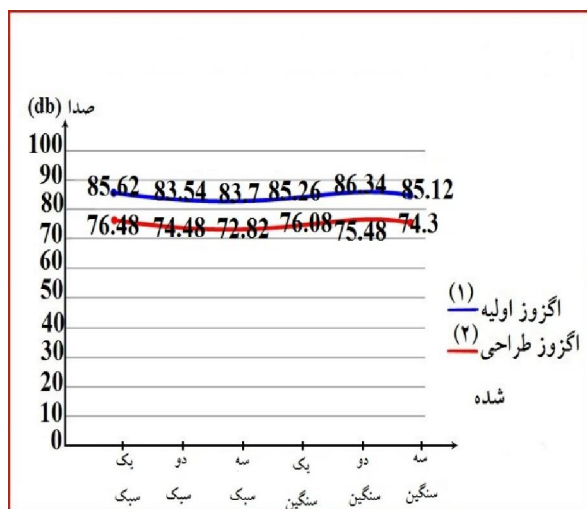
نتایج نشان می‌دهد که با اطمینان ۹۵٪ آزمون F و t که برای دو گروه مستقل آگزوز طراحی شده و آگزوز اولیه تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ به کار برده شده است، بین میانگین دو گروه بر اساس نسبت دنده در جعبه دنده، اختلاف معنی داری وجود دارد. چون همان طور که در جدول پیداست در این حالت نیز سطح اطمینان (Sig) کمتر از ۵٪ و برابر صفر است. برای میکروفون در موقعیت گوش راننده تفاوت بین میانگین‌های تراز صدای کلی دستگاه برای نسبت دنده های یک سبک، دو سبک، سه سبک، یک سنگین، دو سنگین، سه سنگین در سطح ۵٪ معنی دار است. داده‌های جدول (۶) نشان می‌دهد با افزایش دنده در جعبه دنده موتور در هر دو حالت

طراحی شده و میانگین داده های به دست آمده از
 آزمون آگزوز اولیه وجود دارد که این نشان می دهد
 در هر دو حالت سرعت دورانی موتور و نسبت دنده

جدول ۶: تجزیه واریانس صدای خروجی از آگزوز تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ بر اساس نسبت دنده در جعبه دنده

Table 5: 399 MF exhaust noise variance analysis model based on the gear ratio in the gear box

| آزمون t | آزمون F | Sig | انحراف معیار | میانگین صدا (db) | آگزوز طراحی شده | آگزوز اولیه | آگزوز طراحی شده | آگزوز اولیه | آگزوز طراحی شده | آگزوز اولیه |
|---------|---------|-----|--------------|------------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ۲۴۹/۷۲۱ | ۱۲/۵۶۵ | ۰ | ۱/۱۰۳۳ | ۰/۴۳۵۵ | ۸۵/۶۲ | ۷۶/۴۸ | یک سبک | آگزوز طراحی شده | آگزوز اولیه | آگزوز طراحی شده |
| ۱۵۰/۳۱۶ | ۴۲۰/۰۶۴ | ۰ | ۰/۷۱۹۶ | ۰/۲۱۳۵ | ۸۳/۵۴ | ۷۴/۴۸ | دو سبک | آگزوز طراحی شده | آگزوز اولیه | آگزوز طراحی شده |
| ۲۸۴/۶۸۹ | ۶۷۵/۷۶۶ | ۰ | ۰/۸۱۸۲ | ۰/۴۷۱۴ | ۸۳/۷ | ۷۲/۸۲ | سه سبک | آگزوز طراحی شده | آگزوز اولیه | آگزوز طراحی شده |
| ۱۹۲/۵۹۷ | ۷۴/۶۵۲ | ۰ | ۱/۵۴۱۰ | ۰/۴۳۶۶ | ۸۵/۲۶ | ۷۶/۰۸ | یک سنگین | آگزوز طراحی شده | آگزوز اولیه | آگزوز طراحی شده |
| ۱۳۳/۴۸۹ | ۸۰۰/۶۴۲ | ۰ | ۰/۸۱۱۶ | ۰/۲۱۹۳ | ۸۶/۳۴ | ۷۵/۴۸ | دو سنگین | آگزوز طراحی شده | آگزوز اولیه | آگزوز طراحی شده |
| ۲۵۲/۴۶۶ | ۳۵۵/۴۳۲ | ۰ | ۰/۶۰۳۲ | ۰/۴۰۷۸ | ۸۵/۱۲ | ۷۴/۳ | سه سنگین | آگزوز طراحی شده | آگزوز اولیه | آگزوز طراحی شده |



شکل ۶: نمودار آزمون صدای خروجی از آگزوز

(بر حسب نسبت دنده در جعبه دنده)

Figure6: Graphs of the exhaust sound test (Depending on the gear ratio in the gear box)

استفاده از پشم سنگ به عنوان عایق صوتی و

کاهنده صدا در صدا خفه کن آگزوز کارایی خود را

نتیجه گیری

دسی بل برسد. بنابراین استفاده از پشم سنگ در طراحی صدا خفه کن آگزوز تراکتور کاملاً قابل توصیه می‌باشد.

نشان داد. صدا خفه کن طراحی شده نشان داد که در مقایسه با مختلف دور موتور و سرعت‌های مختلف دنده ای در حال حرکت به لحاظ کاهش شدت صوت دارا می‌باشد. این کاهش می‌تواند از ۱۰ تا ۱۵



شکل ۴: صدا خفه کن طراحی شده

Figure4: muffler design

7. Ballaney, P.L. 1980, Internal Combustion Engine, Khanna Publishers, Delhi.

8. Bean, T.L. 1995. Noise on the farm can cause hearing loss. Ohio Cooperative Extension Service Report AEX-590. Columbus, Ohio, USA.

9. Bordia, L. and M. Fiala. 1995. Design and testing of electric-powered walking tractor. J. Agric. Eng. Res. 60:57-62.

10. Broste, S.K., D.A. Hansen, R.L. Stand and D.T. Stueland. 1989. Hearing loss among high school farm students. Amer. J. Public. Health 619-622.

11. Brown, R.H. 1988. Handbook of Engineering in Agriculture. Vol. 2, 1st ed., Prentice & Hall pub. Inc., U.K.

۱۲- خوانین، علی. حاجی عظیمی، احسان. اصیلیان مهابادی، حسن. مرتضوی، سید باقر. سلیمانان، اردلان؛ و مطلبی، مسعود. بررسی صدای ناشی از آگزوز موتورسیکلت و کنترل آن. دو ماهنامه بهبود، بهار ۱۳۸۷، شماره ۳۶، ص ۳۸.

References

1. Anonymous. 1985. Bystander sound level measurement procedure for small engine powered equipment. SAE J1175.
2. Anonymous. 1985. Operator ear sound level measurement procedure for small engine powered equipment. SAE J1174.
3. Anonymous. 1996. Acoustics: Tractors and machinery for agriculture and forestry measurement of noise at operator's position. ISO 5131.
4. Irwin, J.D. and E.R. Graf. 1979. Industrial Noise and Vibration Control. 1st ed., Prentice-Hall, Inc, London.
5. Anonymous. 1996. Acoustics: Tractors and machinery for agriculture and forestry measurement of noise at operator's position. ISO 5131.
6. Anonymous. 1996. Criteria for a recommended standard occupational noise exposure revised criteria. NIOSH.

Design , Construction and Evaluation of Exhaust Silencer for 399 Massey Ferguson Tractor

I. Ranjbar¹, D. M. Zamani^{*2}, F. Ranjbar³ and S. Karami⁴

Received: 7 August 2013

Accept: 1 October 2013

Abstract

An exhaust system delivers burned gases from combustion chambers of an engine to the atmosphere while reducing the engine noise at silencer of outlet pipe. Gases leave the vehicle through the pipe. In this research an exhaust silencer has been designed and constructed for the MF399 Tractor which was tested and evaluated. Exhaust system of an engine consist of: exhaust manifold, exhaust pipe, silencer, and diffusion pipe. Silencer is used to reduce external gas velocity and so engine noise. Silencer is designed in such way that the outgoing gases from the engine slowly expand inside it, and also heat energy sufficiently. Design of silencer has considerable effect on elimination of back-pressure and abnormal noises. Rock wool which is an acoustic insulator and sound reducer is used in design and construction of this silencer. Tests and evaluation of the silencer indicated that outgoing sound pressure level can be reduced as much as 15 dB(A) as compared to existing standard model of silencer for MF 399 Tractor.

key words : Silencer, Reduce engine noise, Exhaust, Exhaust sound