

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۶

چکیده

اگزوز گازهای سوخته شده را از محفظه احتراق موتور به جو انتقال می‌دهد و صدای موتور را در صدا خفه کن لوله خروجی اگزوز کاهش می‌دهد. در این تحقیق یک صدا خفه کن اگزوز تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ طراحی و ساخته شد و پس از آن مورد ارزیابی قرار گرفت. اگزوز در یک موتور خ و درو شامل مانیفولد دود، لوله اگزوز، 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 می‌شود. صدا خفه کن طوری طراحی می‌شود که گازهای خروجی موتور در آن به آهستگی انبساط یافته و 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 زیادی دارد. در این تحقیق برای طراحی و ساخت صدا خفه کن، ماده پشم سنگ که یک عایق صوتی و کاهنده صدا است به کار برده شد و پس از آزمون و ارزیابی آن نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که شدت صدای خروجی از صدا خفه کن می‌تواند تا میزان ۱۵ dB(A) نسبت به طرح فعلی صدا خفه کن اگزوز تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: صدا خفه کن، تراکتور مسی فرگوسن، طراحی اگزوز، کاهش صدای موتور

مقدمه

متولیان شهری اصولاً به رعایت آن‌ها ملزم هستند. در برخی کلان‌شهرها میزان این آلودگی فراتر از حد مجاز است و طبق بررسی های فنی پراکنده، برخی نقاط در مرحله بحرانی و خطرناک به سر می‌برند. منابع آلودگی صوتی بسیار متنوع هستند و در شهرها می‌توان آن‌ها را به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم کرد.

آلودگی صوتی یکی از انواع آلودگی های زیست‌محیطی است که سلامت و بقای موجودات زنده را تهدید می‌کند. میزان عوارض جسمی و روحی این نوع آلودگی بر انسان به ویژه در محیط شهری به اندازه ای است که برای آن، استانداردهای فنی و بین‌المللی تعیین شده است و دولت ها و

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

۳: استادیار گروه مکانیک - دانشگاه تبریز

۴: کارشناس ارشد رشته مکانیک ماشین‌های کشاورزی

* نویسنده مسئول: dr.dmzamani@gmail.com

دارای مقداری افت شنوایی هستند که ۳۴٪ از آن‌ها اختلالات شنوایی مهمی را تحمل می‌کنند و وضعیت در سه درصد از آن‌ها بسیار وخیم بوده است. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی و کاهش سطح صدای عبوری از آگزوز تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ است که در داخل کشور تولید و مونتاژ می‌شود. تولید این تراکتور، بر مبنای استاندارد کشور و سنجش صدای ناشی از آگزوز آن به عنوان یکی از الزامات زیست محیطی مورد نیاز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ماده پشم سنگ که جز ۶ 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 منجر شد. در این پژوهش سرکینال‌های صوتی یک دستگاه تراکتور مسی فرگوسن نو و سالم که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است، اندازه‌گیری و ضبط شد.

جدول ۱: مشخصات فنی تراکتور مسی فرگوسن مدل

۳۹۹ در این تحقیق

Table 1: Technical characteristic of MF 399 Tractors

مشخصات موتور	نوع یا مقدار
شرکت سازنده	شرکت موتورسازان
نوع سوخت	دیزلی با پاشش مستقیم
حداکثر قدرت	۱۱۰ اسب بخار
تعداد سیلندر	۶
قطر سیلندر	۱۰۰ میلی‌متر
کورس پیستون	۱۲۷ میلی‌متر
حجم جایجایی	۶ لیتر
نسبت تراکم	۱:۱۶

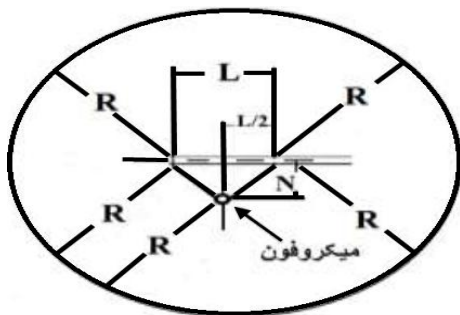
منابع خارجی صدای محیط کار، صدای خودروها، آذیرهای خطر، ساخت و ساز و ... را شامل می‌شود و منابع داخلی آلودگی صوتی بسته به نوع زندگی و رفتارهای افراد عواملی همچون صدای تلویزیون، جاروبرقی و دیگر وسایل برقی را در بر می‌گیرد. علاوه بر آن صداهای ناگهانی و بلند که از انسان‌ها ناشی می‌شود، نوعی آلودگی صوتی محسوب می‌گردد که گاهی زیان آن از سایر منابع شهری بیشتر است. صدای منتشر شده از خودروها و تراکتورها یکی از مشکلات اساسی تولید سروصدا است. صدای منتشر شده از خودروها و تراکتورها یکی از مشکلات اساسی تولید سروصدا است.

بررسی‌های (Broste et al., 1989) و همچنین (Dennis & J.J, 1995) نشان داد که تراز فشار صدا در موقعیت گوش راننده تراکتورهای بدون اتاقک یا با اتاقک با پنجره‌های باز بسیار بیشتر از حد استاندارد بوده و در مواردی تراز سرو صدا بالاتر از ۹۵ dB(A) بوده است. در پژوهش دیگری (Bean, 1995) گزارش کرد که اکثر تراکتورهای امروزی، تراز سروصدا ی بالاتر از ۹۰dB(A) تولید می‌کنند، در حالی که سایر ماشین‌های مزرعه مانند کمباین‌های خودگردان، ماشین‌ذرت چین، آسیاب چکشی و خشک‌کن‌ها تراز صدای بالاتر از ۱۰۰ dB(A) تولید می‌کنند. تحقیقات انجام شده (Crocker & I.N, 1993) مشخص کردند که ۲۰٪ از رانندگان تراکتور مشکل افت شنوایی دارند و از بین ۲۲۰۴ راننده تراکتوری که در نمایشگاه کشاورزی معاینه شدند، ۳۳٪ دارای اختلال در سامانه شنوایی بوده‌اند، هم چنین بر اساس نتایج محققان ایتالیایی، افرادی که در حدود ۲۰ سال راننده تراکتور بوده‌اند، عملاً همه (۹۳٪ از این افراد)

الف) اندازه‌گیری طیف صدای ساطع شده از تراکتور در موقعیت گوش راننده.

ب) اندازه‌گیری طیف صدای ساطع شده از تراکتور در موقعیت اطرافیان.

در اندازه‌گیری طیف تراز سروصدای تراکتور در موقعیت گوش راننده، میکروفون در ارتفاع ۱/۷ متر از سطح مسیر آزمون به صورت افقی و به فاصله ۱۰۰ میلی متر از گوش راست راننده نصب گردید. شکل ۲ ابعاد ناحیه اندازه‌گیری صدا و تجهیزات اندازه‌گیری صدای نصب شده روی تراکتور در حال انجام آزمایش را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری طیف تراز صدای تراکتور در موقعیت اطرافیان، میکروفون در ارتفاع ۱/۲ متر از سطح مسیر آزمون و به فاصله ۷/۵ متر از خط مرکزی عبور تراکتور (N در شکل ۲) درحالی‌که میکروفون افقی است، نصب گردید.



شکل ۲: ابعاد ناحیه اندازه‌گیری

Figure 2 : Dimensions of Measurement Area

در این شکل R حداقل ۳۰ متر، L (طول مسیر حرکت تراکتور) ۱۴/۵ متر و N (موقعیت میکروفون نسبت به طول مسیر حرکت تراکتور) حداقل ۷/۵ متر می‌باشد. مشخصات فنی N مونه صداسنج به کار برده شده، در شکل ۳ و جدول ۲ نشان داده شده است.

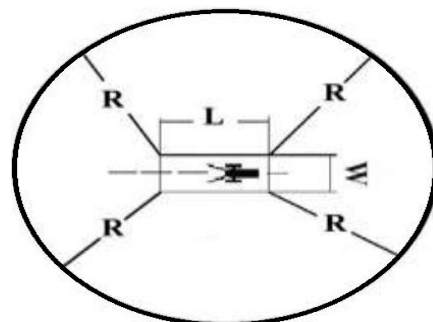
برای انجام این کار تلاش گردید تا:

الف) قبل از انجام آزمون‌ها، متغیرها و محدوده تغییرات آن‌ها به طور دقیق بررسی شود.

ب) مکان آزمون به طور صحیح طراحی و انتخاب شود.

ج) ابزارها و تجهیزات اندازه‌گیری مورد استفاده تا حد امکان داده‌های ضروری را به طور دقیق اندازه‌گیری و ضبط نمایند.

وئگی‌های مکان آزمون بر اساس استاندارد ای سازمان بین‌المللی استانداردها (ISO) (1996) (Anonymous, ASE) و انجمن مهندسان خودرو (Anonymous, 1985) انتخاب گردید تا ناحیه اندازه‌گیری مکانی مسطح و باز و دارای پوشش عاری از خاکستر یا برف باشد. سطوح منعکس‌کننده بزرگ مانند ساختمان‌ها، ماشین‌های دیگر، تابلوهای تبلیغاتی و درختان در فاصله‌ای با شعاع حداقل ۱۵ متر (R در شکل ۱) از تراکتور مورد آزمون یا میکروفون قرار داشته و سرعت باد در هنگام اندازه‌گیری کمتر از ۵m/s یا ۱۸ km/h بود.

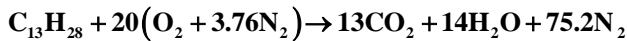


شکل ۱: ابعاد ناحیه اندازه‌گیری

Figure 1 : Dimensions of Measurement Area

برای بررسی آثار سروصدای تراکتور بر روی راننده و اطرافیان اندازه‌گیری‌ها به دو صورت زیر انجام شد:

طراحی و ساخت صدا خفه کن برای تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ بر اساس دبی حجمی محصولات احتراق است . سوخت مصرفی تراکتور گازوئیل می باشد . احتراق با نسبت هوا به سوخت استوکیومتری برای گازوئیل به صورت زیر است:



$$(13 \times 12) + (28 \times 1) = 184$$

$$20 \times [(16 \times 2) + 3.76(14 \times 2)] = 2745.6$$

(۱)

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:

$$(3) \quad Q_{tot} = \frac{P_{b_{ENG}}}{\eta_m} = \frac{81}{0.34} = 238kw$$

Q_{tot} = انرژی گرمایی حاصل از احتراق سوخت

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

$\eta_m = 0.34$ (منبع: کتاب راهنمای تراکتور مسی فرگوسن

۳۹۹)

آهنگ مصرف هوا:

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

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

(۴)

محاسبه آهنگ مصرف سوخت:

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

$$(5) \quad m_f = 5.6837 \times 10^{-3}kg / sec \Rightarrow 20.45kg / h$$



شکل 3: نمونه صداسنج به کار برده شده

Figure 3 : used sound evaluation sensor

جدول ۲: مشخصات فنی صداسنج به کار برده شده

Table 2 : Technical characteristic of sound level Meters

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

محاسبات و نحوه طراحی و ساخت صدا خفه کن

برای تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹

روش استاندارد برآورد 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

در بردارنده 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.

لوله داخلی صدا خفه کن ۱۰ ردیف سوراخ هر کدام به قطر ۱۰ میلی متر و جمعاً ۱۴ سوراخ در هر ردیف نظر گرفته شد. سرعت و فشار دود و گاز خروجی از موتور به درون آگزوز خیلی بالا است، لذا برای کاستن فشار و سرعت ، فاصله سوراخ‌ها به صورت لگاریتمی محاسبه گردید. فاصله‌های 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 . ۱۰ ردیف سوراخ وجود دارند پس از $\text{Log}11$ باید شروع کرد (شکل ۴). اگر سوراخ‌های ابتدایی نزدیک به هم باشند فاصله بین ردیف‌ها کم می‌شود و گرما و رطوبت باعث از بین رفتن و اکسیده شدن ورق آگزوز می‌شوند. 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 می‌شود. پس برای حفظ فاصله بین ردیف‌ها، تمامی اندازه‌های لگاریتمی محاسبه شده در یک ضریب (X) ضرب 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)

محاسبه فاصله بین ردیف‌ها:

(۱۰)

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

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

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

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

.

.

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

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

$$\eta_b = \text{بازده احتراق}$$

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

حجم جابجایی یک سیلندر تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹:

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

(۶)

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

$$L = \text{طول کورس پیستون}$$

$$D = \text{قطر سیلندر}$$

حجم جابجایی کل سیلندر تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹:

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

(۷)

$$V_t = \text{حجم جابجایی کل}$$

$$N_{\text{cyl}} = \text{تعداد سیلندر}$$

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

دبی حجمی محصولات احتراق:

$$\dot{V}_g = \frac{\dot{m}_g}{\rho_g} = \frac{0.090494}{0.464} = 0.195 \text{m}^3 / \text{sec}$$

(۷)

$$\dot{m}_g = \text{آهنگ جرمی مصرف مخلوط هوا و سوخت}$$

$$(\text{kg} / \text{h})$$

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

محاسبه قطر لوله داخلی صدا خفه کن:

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

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

(۸)

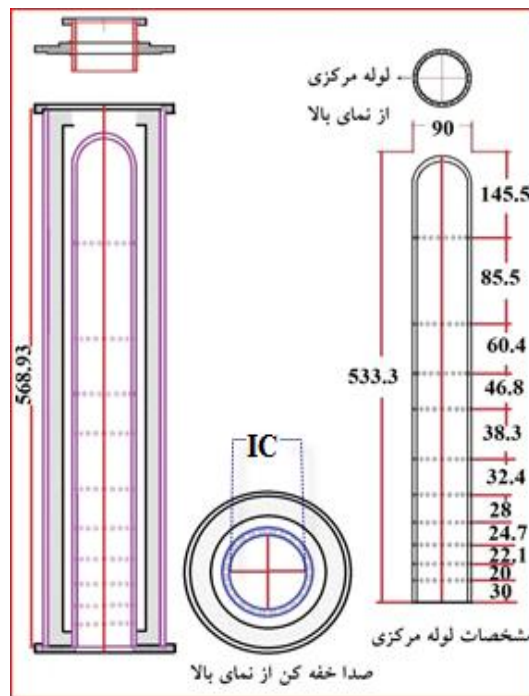
به منظور جلوگیری از ایجاد پس فشار و تخلیه

راحت تر دود آگزوز می‌بایستی مجموع سطح مقطع

سوراخ‌های لوله مرکزی بزرگ تر از سطح مقطع

داخلی لوله مرکزی در نظر گرفته شود . در طراحی

تصمیم‌گیری شود. محدوده تغییرات متغیرها طوری انتخاب شد، که بیش‌ترین حالت‌های کار عادی تراکتور را در بر 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 سرگنگال‌های صدای ساطع‌شده از تراکتور که به طور متناوب تکرار می‌شوند و دارای تعداد زیادی بسامد می‌باشد که در کل گستره شنوایی انسان قرار دارند و دوره تناوب سرگنگال‌های 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 سرگنگال‌های صدا به وجود می‌آورد. با توجه به این که اندازه‌گیری و پردازش سرگنگال‌های فشار صدا ابزار مفیدی را در اختیار طراحان قرار می‌دهد تا تراکتوری با کارایی بهتر و با صدای کمتر طراحی کنند، تلاش گردید تا اندازه‌گیری‌ها و پردازش سرگنگال‌های صدا با دقت زیادی انجام پذیرد. هدف از تحلیل داده‌ها به دست آوردن اطلاعات کافی از سرگنگال‌های فشار صدا در حوزه زمان است. از این رو در هر آزمون حداقل به مدت ۱۰ ثانیه، سیگنال صدا ضبط شد. داده‌های به دست آمده در این پژوهش، دو به دو هر کدام به صورت مستقل به کمک نرم‌افزار (SPSS) آنالیز رگرسیون شدند تا مدل‌های پیشگویی تراز صدای کلی



شکل 4: شماتیک صدا خفه کن طراحی شده

Figure 4 : schematics of muffler design



شکل 5: صدا خفه کن طراحی شده

Figure 5 : muffler design

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 جعبه‌دنده و موقعیت میکروفون

تراکتور در موقعیت گوش راست راننده و اطرافیان بر اساس متغیرهای سرعت دورانی موتور و نسبت دنده جعبه‌دنده به دست آیند. لازم به ذکر است که کلیه آزمون‌های مقایسه میانگین‌های سطوح آثار اصلی و جدول ۳: نتایج آزمون صدای خروجی از آگزوز طراحی‌شده و آگزوز اولیه تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ بر حسب دور موتور

Table 3: Results of the exhaust sound design and original exhaust MF 399 models according to engine speed.

آگزوز اولیه							آگزوز طراحی‌شده							سرعت دورانی موتور (rpm)
میانگین	تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم	تکرار چهارم	تکرار پنجم	میانگین	تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم	تکرار چهارم	تکرار پنجم	میانگین		
۸۱/۹۲	۸۲/۱	۸۲/۱	۸۱/۵	۸۱/۴	۸۱/۴	۷۲/۲۴	۷۲/۴	۷۲/۳	۷۲/۱	۷۱/۶	۷۳/۵۸	۷۳/۵	۱۰۰۰	
۸۲/۰۸	۸۲/۱	۸۱/۴	۸۲/۲	۸۲/۱	۸۲/۶	۷۳/۶۸	۷۳/۵	۷۳/۸	۷۳/۹	۷۳/۳	۷۳/۳	۷۳/۵	۱۵۰۰	
۸۳/۳	۸۲/۶	۸۳/۳	۸۳/۲	۸۳/۶	۸۳/۸	۷۴/۵۶	۷۳/۷	۷۳/۶	۷۳/۷	۷۳/۵	۷۳/۷	۷۳/۷	۱۷۰۰	
۸۴/۱۲	۸۴/۵	۸۳/۶	۸۴/۳	۸۴/۲	۸۴	۷۴/۹۶	۷۴/۵	۷۴/۵	۷۴/۵	۷۴/۸	۷۴/۸	۷۴/۵	۲۰۰۰	
۸۵/۹۴	۸۶/۹	۸۶/۲	۸۵/۷	۸۵/۵	۸۵/۴	۷۶/۴۲	۷۴/۹	۷۵/۱	۷۵	۷۵/۱	۷۵	۷۴/۸	۲۱۰۰	
۸۷/۲	۸۷/۶	۸۷/۲	۸۷/۳	۸۷/۶	۸۷/۳	۷۷	۷۶/۲	۷۶/۸	۷۶/۱	۷۶	۷۶/۲	۷۷	۲۳۰۰	
۹۵/۳۴	۹۴/۵	۹۵/۴	۹۵/۵	۹۵/۷	۹۵/۷	۷۷/۲۴	۷۸/۱	۷۸/۶	۷۸/۲	۷۸/۳	۷۸/۳	۷۸/۱	صدای آگزوز تراکتور در موقعیت گوش راننده و اطرافیان	

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

Table 4: Results of the exhaust sound design and original exhaust MF 399 models Depending on the gear ratio in the gear box

آگزوز اولیه							آگزوز طراحی‌شده							نسبت دنده در جعبه‌دنده
میانگین	تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم	تکرار چهارم	تکرار پنجم	میانگین	تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم	تکرار چهارم	تکرار پنجم	میانگین		
۸۵/۶۲	۸۴/۵	۸۵/۷	۸۵/۶	۸۶/۲	۸۶/۱	۷۶/۴۸	۷۶/۳	۷۶/۸	۷۶/۲	۷۶	۷۶/۲	۷۶/۳	یک سبک	
۸۳/۵۴	۸۵/۵	۸۴	۸۳	۸۲/۶	۸۲/۶	۷۴/۴۸	۷۵/۲	۷۴/۲	۷۳/۹	۷۴/۵	۷۴/۶	۷۵/۲	دو سبک	
۸۳/۷	۸۳/۳	۸۲/۵	۸۴/۲	۸۴	۸۴/۵	۷۲/۸۲	۷۳/۱	۷۲/۸	۷۲/۵	۷۲/۷	۷۳	۷۳/۱	سه سبک	
۸۵/۲۶	۸۵/۳	۸۶/۸	۸۵	۸۴/۵	۸۴/۷	۷۶/۰۸	۷۶	۷۶/۲	۷۵/۸	۷۵/۵	۷۶/۹	۷۶/۲	یک سنگین	
۸۶/۳۴	۸۴/۲	۸۵	۸۶/۶	۸۷/۶	۸۷/۳	۷۵/۴۸	۷۵	۷۵/۱	۷۶/۱	۷۵/۸	۷۵/۴	۷۵/۱	دو سنگین	
۸۵/۱۲	۸۶/۵	۸۴/۱	۸۵	۸۵/۴	۸۴/۶	۷۴/۳	۷۴/۵	۷۴/۶	۷۴	۷۴/۲	۷۴	۷۴/۵	سه سنگین	

آنالیز واریانس داده‌های حاصل از تحلیل صدای منتشرشده از آگزوز طراحی‌شده و آگزوز اولیه نصب‌شده بر روی تراکتور مذکور ب صورت تراز کلی صدا در جدول‌های (۵ و ۶) ارایه شده است.

اثر سرعت دورانی موتور بر صدای اگزوز

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 اگزوز طراحی شده و اگزوز اولیه تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ در نظر گرفته شده است، بین میانگین دو گروه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. چون سطح اطمینان 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٪ معنی‌دار است. داده‌های این جدول نشان می‌دهد که حداکثر افزایش معنی‌دار 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 معنی‌دار 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 دورهای ۱۰۰۰ rpm، ۱۷۰۰ rpm، ۲۰۰۰ rpm و ۲۱۰۰ rpm حداکثر تفاوت معنی‌دار بین 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٪ معنی‌دار است و اختلاف معنی‌داری بین میانگین داده‌های به دست آمده از آزمون

اگزوز طراحی شده و میانگین داده‌های به دست آمده از آزمون اگزوز اولیه وجود دارد. اثر نسبت دنده در جعبه‌دنده بر صدای اگزوز برهمکنش اثر نسبت دنده جعبه‌دنده و موقعیت قرارگیری میکروفون در جدول (۶) آمده است. نتایج نشان می‌دهد که با اطمینان ۹۵٪ آزمون F و t که برای دو گروه مستقل اگزوز طراحی شده و اگزوز اولیه تراکتور به کار برده شده است، بین میانگین دو گروه بر اساس نسبت دنده در جعبه‌دنده، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. چون همان طور که در جدول پیداست در این حالت نفی سطح اطمینان کمتر از ۵٪ و برابر صفر است. برای میکروفون در موقعیت گوش راننده تفاوت بین میانگین‌های تراز صدای کلی دستگاه برای نسبت دنده‌های یک سبک، دو سبک، سه سبک، یک سنگین، دو سنگین، سه سنگین در سطح ۵٪ معنی‌دار است. داده‌های جدول (۶) نشان می‌دهد با افزایش دنده در جعبه‌دنده موتور در هر دو حالت 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٪ معنی‌دار است. برای میکروفون در موقعیت گوش راننده و اطرافیان، حداکثر تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌های تراز صدا اتفاق می‌افتد که این به میزان ۱۰/۸۸ dB (A) است. هم چنین داده‌های جدول (۶) نشان می‌دهند که اختلاف میانگین تراز صدای کلی دستگاه در موقعیت گوش راننده و اطرافیان در دنده‌های یک سبک، یک

از آزمون اگزوز طراحی شده و میانگین داده‌های به دست آمده از آزمون اگزوز اولیه وجود دارد که این نشان می‌دهد در هر دو حالت سرعت دورانی موتور و نسبت دنده در جعبه‌دنده، اگزوز طراحی شده نسبت به اگزوز اولیه تراکتور کارایی بهتری دارد.

سنگین، دو سنگین و سه سنگین به ترتیب برابر dB (A) ۹/۱۴، ۹/۱۸ dB (A) و ۱۰/۸۶ dB (A) و ۱۰/۸۲ 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٪ معنی‌دار است و اختلاف معنی‌داری بین میانگین داده‌های به دست آمده

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

Table 5: 399 Massey Ferguson tractor exhaust noise variance analysis model based on engine speed

سرعت دورانی موتور (rpm)	میانگین صدا (db)		انحراف معیار		Sig	آزمون F	آزمون t
	اگزوز طراحی شده	اگزوز اولیه	اگزوز طراحی شده	اگزوز اولیه			
1000	۷۲/۲۴	۸۱/۹۲	۰/۳۹۳۴	۰/۸۵۱۶	0	۲۰۱/۹۹۲	۲۰۳/۵۴۹
1500	۷۳/۵۸	۸۲/۰۸	۰/۲۳۱۶	۰/۳۸۷۷	0	۱۴/۹۸۱	۳۷۳/۲۹۹
1700	۷۳/۶۸	۸۳/۳۰	۰/۱۳۳۰	۰/۴۰۹۲	0	۲۴۹/۷۳۸	۴۳۹/۷۳۸
2100	۷۴/۵۶	۸۴/۱۲	۰/۳۱۶۱	۰/۳۰۵۸	0	۱۴/۷۲۲	۴۳۹/۹۴۵
2300	۷۴/۹۶	۸۵/۹۴	۰/۴۳۱۳	۰/۵۵۲۵	0	۶۵/۲۴۲	۳۰۶/۹۳۲
	۷۶/۴۲	۸۷/۲۰	۰/۴۰۲۲	۰/۳۲۷۹		۱۲۷/۶۲۹	۴۵۸/۹۳۳

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

Table 6: 399 MF exhaust noise variance analysis model based on the gear ratio in the gear box

نسبت دنده در جعبه‌دنده	میانگین صدا (db)		انحراف معیار		Sig	آزمون F	آزمون t
	اگزوز طراحی شده	اگزوز اولیه	اگزوز طراحی شده	اگزوز اولیه			
یک سبک	۷۶/۴۸	۸۵/۶۲	۰/۴۳۵۵	۱/۱۰۳۳	0	۱۲/۵۶۵	۲۴۹/۷۲۱
دو سبک	۷۴/۴۸	۸۳/۵۴	۰/۲۱۳۵	۰/۷۱۹۶	0	۴۲۰/۰۶۴	۱۵۰/۳۱۶
سه سبک	۷۲/۸۲	۸۳/۷	۰/۴۷۱۴	۰/۸۱۸۲	0	۶۷۵/۷۶۶	۲۸۴/۶۸۹
یک سنگین	۷۶/۰۸	۸۵/۲۶	۰/۴۳۶۶	۱/۵۴۱۰	0	۷۴/۶۵۲	۱۹۲/۵۹۷
دو سنگین	۷۵/۴۸	۸۶/۳۴	۰/۲۱۹۳	۰/۸۱۱۶	0	۸۰۰/۶۴۲	۱۳۳/۴۸۹
سه سنگین	۷۴/۳	۸۵/۱۲	۰/۴۰۷۸	۰/۶۰۳۲		۳۵۵/۴۳۲	۲۵۲/۴۶۶

نتیجه گیری

استفاده از پشم سنگ به عنوان عایق صوتی و کاهنده صدا در صدا خفه کن آگزوز کارایی خود را نشان داد. صدا خفه کن طراحی شده نشان داد که در مقایسه با صدا خفه کن فعلی تراکتور مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵٪ در سرعت های مختلف دور موتور و سرعت های مختلف دنده ای در حال حرکت به لحاظ کاهش شدت صوت دارا می باشد. این کاهش می تواند از ۱۰ تا ۱۵ دسی بل برسد. بنابراین استفاده از پشم سنگ در طراحی صدا خفه کن آگزوز تراکتور کاملاً قابل توصیه می باشد.

References

5. Ballaney, P.L. 1980, Internal Combustion Engin, Khanna Publishers, Dehli.
6. 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.
7. Bean, T.L. 1995. Noise on the farm can cause hearing loss. Ohio Cooperative Extension Service Report AEX- 590. Columbus, Ohio, USA.
8. Bordia, L. and M. Fiala. 1995. Design and testing of electric-powered walking tractor. J. Agric. Eng. Res. 60: 57-62.
9. Brown, R.H. 1988. Handbook of Engineering in Agriculture. Vol. 2, 1st ed., Prentice & Hall pub. Inc., U.K.
10. Crocker, M.J. and I.N. Ivanov. 1993. Noise and Vibration Control in Vehicles. 1 st ed., St.Petersburg: Interpub. Ltd, Russia.
11. Dennis, J.W. and J.J. May. 1995. Occupational noise exposure in dairy farming. J. Agric. Health and Safety 28: 333-367.
12. Roth, O.L. and L.H. Field. 1991. Introduction to Agricultural Engineering. 2 nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York.
13. Solecki, L. 1998. Occupational hearing loss among selected farm tractor operators employed on large multi-production farm in poland. Int. J. Occupational Medicine and Environmental Health 11(1): 69-80.

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. Anonymous. 1996. Criteria for a recommended standard occupational noise exposure revised criteria. NIOSH.

Design , Construction and Evaluation of Exhaust Silencer for MF 399 Tractor

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

Received: 26 May 2016

Accept: 26 June 2016

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. In this research an exhaust silencer was 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 away that the out going gases from the engine slowly expand inside it, and also heat energy sufficiently. Design of silencer has considerable effect on elimination of back-pressuer and abnormal noises. Rock wool which is an acoustic insulator and sound reducer is used in design ment an construction of this silencer. Tests and evaluation of the silencer indicated that out coming sound level can be reduced as much as 15 dB(A) as compared to exiting model of silencer for MF 399 tractor.

key words : Silencer, MF 399 tractor, Exhaust design – Engine sound reduction

1,2 Department of Mechanics of Agricultural Machinery Engineering, Islamic Azad University-Takestan Branch

3. Department of Mechanics , Tabriz

4 . Msc Mechanics of Agricultural Machinery Engineering

*corresponding author: dr.dmaamani@gmail.com

