اندازه‌گیری و تحلیل ارتعاش در تراکتورهای یونیورسال ۶۵۰، مسی‌فرگوسن ۲۸۵ و ۲۹۹

محسن فریدونی۱، علی نجات لرستانی۲*، حکمت ربانی و پیام جوادی‌کیا

۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۲استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
استان کرمانشاه- دانشگاه رازی-دانشکده کشاورزی-گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، کد پستی: ۶۷۱۵۶۸۵۴۳۸.
تلفن تماس: ۰۹۱۸۸۳۱۹۳۰۱
*ali.lorestani@gmail.com

دریافت:۹۱/۱۱/۱۵ پذیرش:۹۲/۹/۱۰

چکیده

از آنجاییکه انسان سالم محور توسعه پایدار در هر جامعه است، و موضوع ایمنی و بهداشت کار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، بنابراین انجام بررسی و تحقیق در خصوص ریسک‌های موجود حین کار به منظور شناسایی خطرات و ارائه راهکار جهت حذف آن‌ها ضروری می‌باشد. در این مقاله، هدف مقایسه اثر تغییر دور موتور، و تغییر نوع زمین بر اپراتور در هر یک از مجموعه‌های تراکتور و ادوات مورد بررسی می‌باشد. در این تحقیق تراکتورهای یونیورسال ۶۵۰، مسی‌فرگوسن ۲۸۵ و ۲۹۹ به همراه گاوآهن سه‌خیش و دیسک کششی بکار گرفته شد و ارتعاش مؤثر بر دست و بازوی اپراتور در دور موتورهای ۱۳۰۰، ۱۵۰۰ و ۱۷۰۰ دور در دقیقه، و در زمین‌های شخم خورده و شخم نخورده، با استفاده از یک دستگاه ارتعاش‌سنج اندازه‌گیری شد و پس از تحلیل آماری، مشخص گردید اختلاف ارتعاش مؤثر بر روی دست و بازوی اپراتور در تراکتورهای مورد آزمایش و همچنین دور موتورهای مختلف معنی‌دار می‌باشد.

واژگان کلیدی: *ارتعاش، ایمنی، تراکتور، دست و بازو، کشاورزی.*

۱-مقدمه

انواع تجهیزات مکانیکی که نیروی ارتعاشی زیادی تولید می‌کنند، می‌توانند سبب ارتعاش دست و بازو در اپراتور شده و استفاده روزافزون از این قبیل تجهیزات سبب بروز ناراحتی‌هایی چون آسیب بافت‌های نرم، کاهش کلسیم در مفصل‌های دست و بازو و سرانجام آسیب‌های عروقی می‌گردد که بیماری سپید انگشتی شایع‌ترین عارضه ناشی از این گونه ارتعاش است. بطور کلی تمام وسایل ماشینی که در صنعت، کشاورزی و حمل و نقل بکار می‌روند انسان را در معرض ارتعاش قرار می‌دهند. ارتعاشات ایجاد شده می‌توانند آسایش و راحتی را مختل نموده و موجب تقلیل کیفیت کار شوند و روی سلامتی و ایمنی افراد تأثیر بگذارند

(Muzammil & Hasan, 2004). در زمان مواجهه با ارتعاش ملاحظات سنتی خطرناک به نظر می‌رسد. در تحقیقات اخیر بر روی مزایای بالقوه آن متمرکز شده است. در مقالات حدس زده می‌شود که ارتعاش برای کاهش پشت درد مزمن و سایر انواع درد سودمند باشد (Rittweger, 2009). با توجه به پیچیدگی تراکتور و محیط عملیاتی آن، طراحی تراکتور با بکارگیری روش سنتی، زمان زیادی می‌خواهد و فرآیند پرهزینه‌ای است. با توسعه نظریه سیستم‌های وسایل نقلیه و قطارها و دینامیک چند بخشی، طراحی تراکتور و آنالیز عملکردش با استفاده از روش مدل‌سازی و همانندسازی برای ما آسان گردید. ارتعاش تراکتورهای چرخدار روی زمین سخت مورد مطالعه قرار گرفت (Huang *etal*.,2012). مجراهای سوخت، عناصر مهمی از سیستم سوخت‌رسانی ماشین‌ها، تراکتورها، کشتی‌ها، هواپیماها و ... می‌باشند. ارتعاش آن‌ها اغلب سبب بروز صدا و طبله شده و منجر به ناراحتی و سلب آسایش برای خدمه و مسافران می‌گردد و آن ناشی از این واقعیت است که طیف فرکانسی ارتعاش مجاری سوخت، اغلب در محدوده‌ی خطرناکی برای سلامت انسان می‌باشد (Akhtyamov & Safina, 2008). ارتعاش‌های نوع ضربه‌ای مکرراً در وسایل نقلیه‌ای به وجود می‌آیند که دارای ضربان ورودی می‌باشند، همانند دست‌انداز در جاده که سبب ناراحتی می‌شود. استاندارد متداول ملی و بین‌المللی در ابتدا وزنی بود و برای ارزیابی مواجهه با ارتعاش سینوسی یا اتفاقی توسعه یافت و ضربه یا شوک‌ها را القاء نمی‌کند(Ahn, 2010). بخش تفکیک‌ناپذیر از توسعه صنعت اتومبیل، درخواست برای ترکیبات جدید به منظور جداسازی و محصور نمودن ارتعاش می‌باشد(Dokukova *et al*, 2008). طرز کار حسگر مبتنی بر دستگاهی است که به طور آزادانه جابجایی را دریافت نموده و آن را در ترازهایی آزمایش کرده و از طولانی شدن مواجهه ارتعاش تمام بدن جلوگیری می‌کند (Oullier *et al*, 2009).

مواجهه با ارتعاش تمام بدن، سبب از کار افتادگی افراد می‌شود و استمرار کاهش ارتعاش‌های تمام بدن در ماشین‌های جدید، می‌تواند سبب کاهش تعداد افراد از کار افتاده گردد (Tuchsen *et al*, 2010). یک مدل جدید تایر به منظور به‌کارگیری در وسایل نقلیه خارج جاده‌ای در زمینه مطالعه ارتعاش مورد بررسی قرار گرفته است. تایر مورد نظر در مدل تراکتور سه بعدی استفاده گردید و سپس نتایج ارتعاش پیش‌بینی شده با اندازه‌گیری برای ده تراکتور در محدوده‌ای از سرعت‌ها بر روی سطوح تعیین شده مورد مقایسه قرار گرفت (Molari *et al*, 2012). مدل سه بعدی دینامیکی از تراکتور کمرشکن با در نظر گرفتن وزن زیادش ساخته شد و حرکت در راستاهای ارتعاشی مختلف

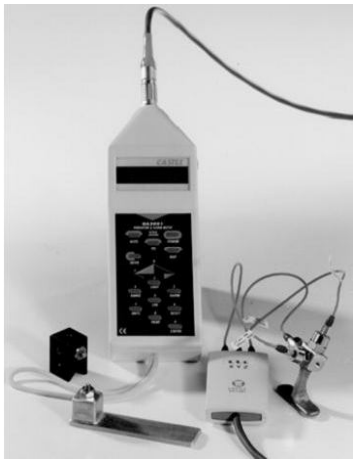
از نظر خصوصیات ارتعاشی تراکتور مورد بررسی قرار گرفت (Rabbani *et al*, 2011). مواد بالشتکی موجود در صندلی راننده، نقش غالبی را در حمایت از وضعیت راننده ایفا می‌کند که شامل جداسازی و محصور نمودن ارتعاش و بهبود کیفیت رانندگی می‌باشد. میرایی ارتعاش صندلی در یک تراکتور با انتخاب مناسب سیستم تعلیق و ضربه‌گیر به دست می‌آید (Tewari & Dewagan, 2009).

رانندگان تراکتورهایی با کابین تعلیق، در طول کارشان با ارتعاش تمام بدن مواجهه هستند. به طور عملی تراکتور با کابین تعلیق در شرایط و سرعت‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفت. الگوریتمی به کار گرفته شد تا ارتعاش تمام بدن رانندگان تراکتور دارای کابین تعلیق را بهینه‌سازی نماید (Velmurgan *et al*, 2012). الگوریتم‌ها و بازخوردهای کنترلی، هر دو نشان دادند که ارتعاش مکانیکی در وسایل نقلیه در طول جابجایی قابل توجه است و تأثیر آن توسط نتایج آزمایشگاهی به اثبات رسید (Zaier & Abdo, 2012). به منظور به حداقل رساندن سر و صدا برای رانندگان، استفاده از تراکتورهایی با اتاقک‌های اصلی باید افزایش یابد. در حالی که از انتخاب آن در محل‌های جنگلی و شیب‌دار باید اجتناب نمود و سختی زمین باید از طریق پوشش‌دار کردن آن با مواد کاهش داده شود (Melemez & Tunay, 2010).

در این تحقیق تراکتورهای یونیورسال ۶۵۰، مسی‌فرگوسن ۲۸۵ و ۲۹۹ به همراه گاوآهن سه‌خیش و دیسک کششی بکار گرفته شد و ارتعاش مؤثر بر دست و بازوی اپراتور در دور موتورهای ۱۳۰۰، ۱۵۰۰ و ۱۷۰۰ دور در دقیقه، و در زمین‌های شخم خورده و شخم نخورده، با استفاده از یک دستگاه ارتعاش‌سنج اندازه‌گیری شد.

۲-مواد و روش‌ها

برای اندازه‌گیری ارتعاش دست و بازوی اپراتور از یک دستگاه ارتعاش‌سنج[1] استفاده گردید. در این دستگاه با استفاده از پارامترهای اصلی ارتعاش از قبیل شتاب، سرعت و جابجایی، که مطابق شکل ۱ نام‌گذاری شده‌اند، سطح ارتعاش در سه راستای طولی، عرضی و جانبی اندازه‌گیری شد.طرح آزمایشی مورد استفاده از نوع فاکتوریل برپایه بلوک‌های کامل تصادفی می‌باشد. که در آن سه فاکتور هر کدام با دو سطح بکار رفته می‌باشد.



شکل ۱: دستگاه ارتعاش‌سنج مورد استفاده

Figure 1: Vibration meter that was used

[1]. GA2001 HARM Vibration meter

فاکتور در این آزمایش، نوع عامل مورد مطالعه است که سه نوع تراکتور یونیورسال ۶۵۰، مسی‌فرگوسن‌های ۲۸۵ و ۲۹۹ می‌باشند و منظور از سطح، حالت‌های مربوط به هر فاکتور می‌باشد که در این آزمایش هر نوع تراکتور با اتصال به دو نوع از ادوات کشاورزی (گاوآهن سه خیش و دیسک) مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

تیمار نیز ترکیب سطوح فاکتورهای مختلف در آزمایش خواهد بود. سه نوع تراکتور یونیورسال ۶۵۰، مسی‌فرگوسن‌های ۲۸۵ و ۲۹۹ در سه دور موتور ۱۳۰۰ و ۱۵۰۰و ۱۷۰۰ دور در دقیقه و در دو نوع زمین شخم خورده و شخم نخورده با اتصال ادوات خاکورزی (گاوآهن سه‌خیش سوار و دیسک کششی)، در سه تکرار مورد بررسی قرار می‌گیرد. بنابراین حجم نمونه ۱۰۸ می‌باشد.

با داشتن میزان ارتعاش‌های طولی، عرضی و جانبی و با استفاده از فرمول ۱ می‌توان ارتعاش وزن یافته را محاسبه نمود(Neil J, 2005)

$$V=[k_x^2\, a^2_{wx}+k_y^2\, a^2_{wy}+k_z^2\, a^2_{wz}]^{1/2} \quad (۱)$$

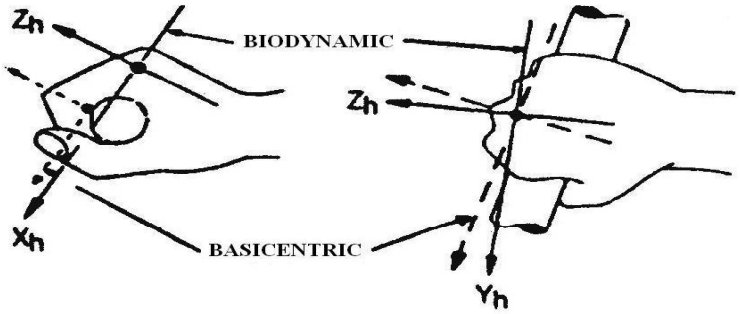
که در آن V برآیند ارتعاش وزن یافته، a_{wx}، a_{wy} و a_{wz} میزان ارتعاش وزن یافته در سه راستا می‌باشد، همچنین مقادیر ضرایب در فرمول فوق عبارتند از (Iso 2631-1, 1997):

$K_x=1.4$, $k_y=1.4$, $k_z=1.0$

به منظور انجام تجزیه آماری طرح، از نرم افزار SPSS19 استفاده گردید.

واکنش انسان به جهت ورود ارتعاش از نظر مکانیکی، روانی و فیزیولوژیکی متفاوت است و در نتیجه تحملی که انسان دارد متفاوت می‌باشد. جهت‌های ورود ارتعاش به بدن انسان در سه راستای x، y و z می‌باشد. جهت x از پشت سر (کتف) و به سمت جلو قلب می‌باشد. جهت y (پهلو به پهلو) از سمت شانه راست به سمت شانه چپ می‌باشد.

جهت z نحوه ورود ارتعاش در امتداد و راستای دست‌ها می‌باشد (پا به سر). اندازه‌گیری ارتعاشی باید مبتنی بر روش‌ها و ابزارهای پیشنهاد شده به وسیله استاندارد ISO 5349 و ANSI S3034 در سال ۱۹۸۶ باشد. به طور خلاصه شتاب دستگیره یک ابزار یا قسمت ارتعاشی باید در سه راستا که عمود بر یکدیگر می‌باشند، اندازه‌گیری شود و ارتعاش باید در نزدیکی محل ورود ارتعاش اندازه‌گیری شود. ترجیحاً محورهای ذکر شده باید به طور همزمان روی سیستم بیودینامیکی قرار گیرد. بنابراین ممکن است نزدیک به سیستم مرکزگرا قرار گیرد (شکل ۲).



شکل ۲: نمایش محور سیستم بیودینامیک و درون مرکز

Figure 2: Presentation of Biodynamic system axis and Basicentric system.

ارتعاش دست و بازو یا ارتعاش عبوری از دست زمانی رخ می‌دهد که شخص یک ابزار ارتعاش کننده را در دست نگه می‌دارد.

ارتعاش تمام بدن زمانی رخ می‌دهد که شخص به وسیله سطحی حمایت می‌شود که در حال لرزش است و ارتعاش از فاصله‌ای دورتر از محل مواجهه با ارتعاش بر قسمت‌های مختلف بدن اثر می‌گذارد. برای مثال زمانی که راننده‌ی لیفتراک در روی سطحی حرکت می‌کند، ارتعاش وسیله نقلیه به صندلی و محل استقرار پاها منتقل می‌شود.

۳-نتایج و بحث

۳-۱-تحلیل نوع تراکتور

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تیمارهای تراکتور و دور موتور مورد آزمایش به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. از آنجاییکه طبق جدول ۱، تفاوت میانگین تیمارهای تراکتورهای یونیورسال ۶۵۰، مسی‌فرگوسن۲۸۵ و مسی‌فرگوسن۲۹۹ دارای اختلاف معنی‌دار با سطح احتمال ۵٪ می‌باشند، بنابراین می‌توان گفت که اپراتور در تراکتور مسی‌فرگوسن۲۸۵ نسبت به تراکتور مسی‌فرگوسن۲۹۹ تحت تأثیر ارتعاش کمتری قرار می‌گیرد و همچنین اپراتور در تراکتور مسی‌فرگوسن ۲۹۹ نسبت به تراکتور یونیورسال۶۵۰ نیز تحت تأثیر ارتعاش کمتری قرار می‌گیرد (شکل ۳).

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس در تراکتورهای مورد آزمایش.

Table 1: Results of analysis of variance in tractors that were examined.

متغیر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
نوع تراکتور(A)	2	4.552	2.276	521.248**
دور موتور (B)	2	1.088	0.544	124.559**
نوع زمین(C)	1	0.853	0.853	195.420**
نوع ادوات (D)	1	4.754	4.754	1088.795**
A× B	4	0.054	0.013	3.073
A× C	2	0.739	0.369	84.590**
A× D	2	1.220	0.610	139.746**
B × C	2	0.062	0.031	7.085**
B × D	2	0.157	0.079	18.032 **
C × D	1	0.231	0.231	53.011**
A× B× C	4	0.027	0.007	1.542
A× B× D	4	0.113	0.028	6.483 **
A× C × D	2	0.376	0.188	43.047**
B × C × D	2	0.004	0.002	0.465
A× B× C× D	4	0.032	0.008	1.856
خطا	72	0.314	0.004	
مجموع	108	30.556		

**. اختلاف میانگین در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

**The mean difference is significant at the 1% level.

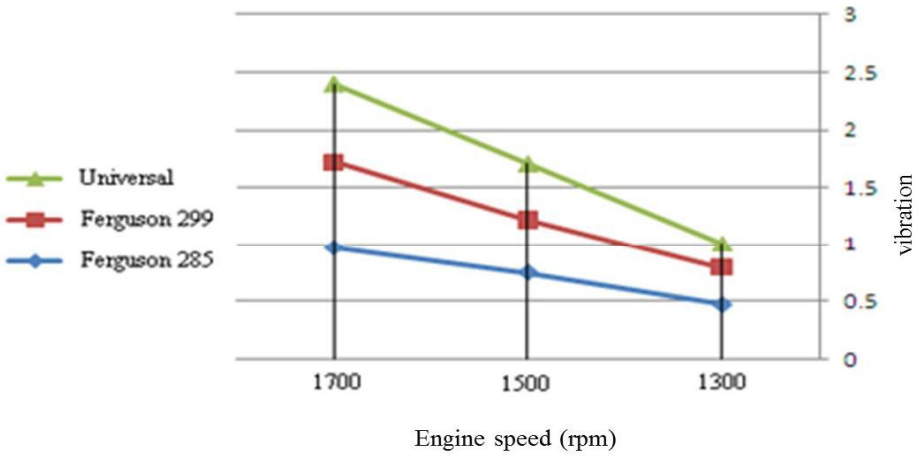
جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس در دور موتورهای مورد آزمایش.

Table 2: ANOVA of Engine Rotation.

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F
بین گروه‌ها	4.754	1	4.754	51.299**
درون گروه‌ها	9.824	106	0.093	
مجموع	14.578	107		

**. اختلاف میانگین در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

**The mean difference is significant at the 1% level.



شکل ۳: نمایش اثر متقابل تراکتورهای مورد آزمایش

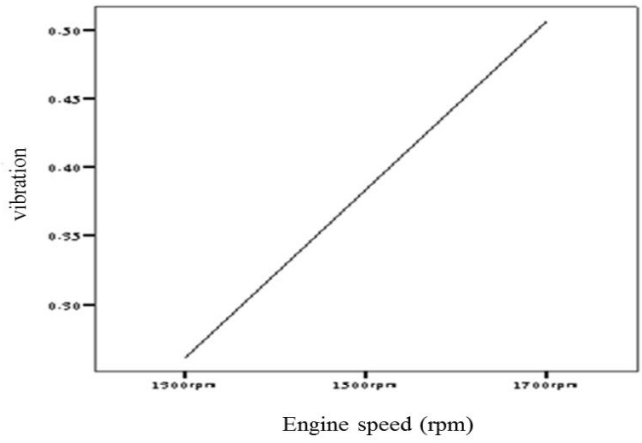
Figure 3: Display of interaction of engine's rotations that were examined.

۳-۲-تحلیل دور موتور

از طرفی طبق جدول ۲، تفاوت میانگین تیمارهای دور موتور ۱۳۰۰rpm و ۱۷۰۰rpm دارای اختلاف معنی‌دار با سطح احتمال ۵٪ می‌باشند، بنابراین می‌توان گفت که اپراتور تراکتور،حین کار در دور موتور پایین‌تر تحت تأثیر ارتعاش کمتری قرار می‌گیرد (شکل ۴).

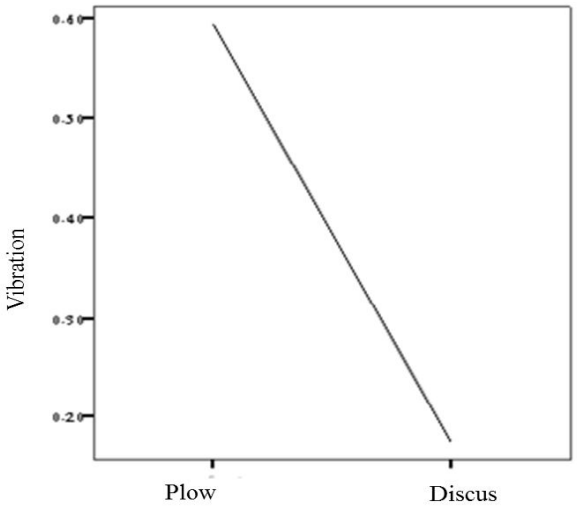
۳-۳-تحلیل نوع ادوات

همان‌گونه که اثر متقابل نوع ادوات مورد آزمایش در شکل ۳ نمایش داده شده است، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط یکسان حین کار با دیسک کششی ارتعاش کمتری در مقایسه با گاوآهن برگرداندار به اپراتور وارد می‌گردد (شکل ۵).



شکل ۴: نمایش اثر متقابل دور موتورهای مورد آزمایش

Figure 4: Display of interaction of engine's rotations that were examined.

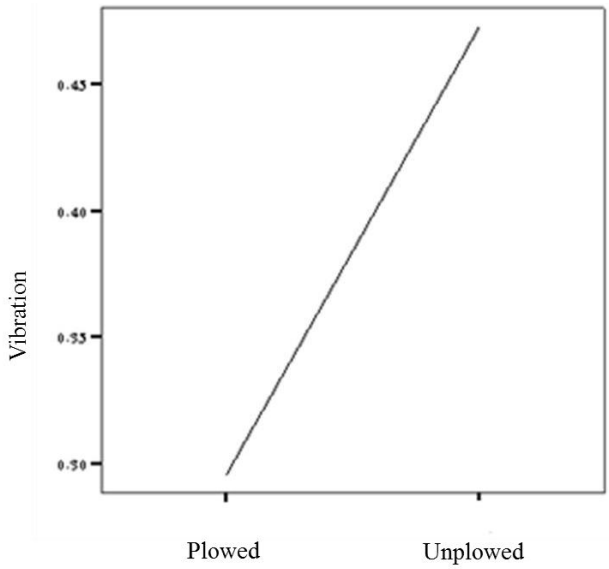


شکل ۵: نمایش اثر متقابل ادوات مورد آزمایش

Figure 5: Display of interaction of implements that were examined.

۳-۴-تحلیل نوع زمین

همچنانکه اثر متقابل نوع زمین مورد آزمایش در شکل ۶ نمایش داده شده است، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط یکسان حین کار در زمین شخم خورده ارتعاش کمتری در مقایسه با کار در زمین شخم نخورده به اپراتور وارد می‌گردد.



شکل ۶: نمایش اثر متقابل نوع زمین‌های مورد آزمایش

Figure 6: Display of interaction of type of ground that was examined.

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل آماری، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط یکسان، کمترین ارتعاش وارد بر اپراتور به ترتیب توسط تراکتور مسی‌فرگوسن ۲۸۵، مسی‌فرگوسن ۲۹۹ و یونیورسال ۶۵۰ رخ می‌دهد و در کار با دیسک، ارتعاش کمتری نسبت به گاوآهن به اپراتور وارد می‌شود و همچنین حین کار در زمین شخم خورده در شرایط برابر، ارتعاش کمتری نسبت به کار در زمین شخم نخورده به اپراتور وارد می‌شود، ولیکن با افزایش دور موتور میزان ارتعاش وارد بر اپراتور نیز افزایش می‌یابد.

۵-فهرست منابع

1. A.M. Akhtyamov, G. F. Safina. 2008. "Vibration-Proof conduit fastening", **in Proceedings of Fizika, Institute of Mechanics**, vol.49, no.1, pp. 139-147.
2. Finn Tuchsen, Helene Feveile, Karl B Christensen and Niklas Krause. 2010. "The impact of self-reported exposure to whole-body-vibrations on the risk of disability pension among men: a 15 year prospective study", **in Proceedings of BMC. Public Health**, vol.10, no. 305.
3. G. Molari, L.Bellentani, A. Guamieri, M. Walker, E. Sedoni. 2012. "Performance of an agricultural tractor fitted with rubber tracks", **in Proceedings of Biosystem Engineering**. vol.111, no.1, pp. 57-63.
4. K. N. Dewangan, V. K. Tewan. 2009. "Characteristics of hand-transmitted vibration of a hand tractor used in three operational modes", **in Proceedings of Int. J. Industrial Ergonomics**, vol. 39, no.1, pp. 239-245.
5. Maleki, A., Mohtasebi, S., Akram, A. and Esfehanian, V. 2008. "Analysis, simulation and evaluation of human vibration and tractor", **Thesis, Univ. of Tehran, Iran**.
6. M.A. Rabbani, T. Tsnjimoto, M. Mitsuoka, E. Inoue, T. Okayasn. 2011. "Prediction of the vibration characteristics of half-track tractor considering a three-dimensional dynamic model", **in Proceedings of Biosystem Engineering**. Vol 110.no 2.pp 178–188.
7. Melemez, K. and Tunay, M. 2010. "An Ergonomic Evaluation on Whole-Body Vibration of Loading Tractors in Turkish forestry.ui Meeting the Needs of the Society and the Environment", **Dissertation, Univ. of Forestry Faculty, Turkey**.

8. N. A. Dokukova, P. N. Konon, E. N. Kaftaikina. 2008. "Nonnatural vibrations of hydraulic shock-absorbers", **in Proceedings of Int. J. of Engineering Physics and Thermophysics**, vol.81, no.6. pp. 1191-1196.
9. Olivier Oullier, Anne Kavounoudias, Cyril Duclos, Fredric Albert, Jean-Pierre Roll, Regine Roll. 2009. "Countering postural posteffects following prolonged exposure to whole-body vibration: a sensorimotor treatment", **in Proceedings of Eur. J. Appl Physiol**, vol.105, no.10, pp. 235-245.
10. P. Velmurugan; L.A. Kumaraswamidhas; K. Sankaranarayanasamy 2012. "Optimisation of whole body vibration analysis for suspended cabin tractor semitrailer". **In Proceedings of Int. J. of Vehicle Noise and Vibration**, vol.8, no.2, pp. 152-165.
11. Riadh Zaier, Jamil Abdo. 2012. "Legged vehicle control and vibration reduction". **In Proceedings of Int. J. of Vehicle Noise and Vibration** 2012, Vol 8. no.1, pp. 74-94.
12. Rittweger, J., 2009. "Vibration as an exercise modality: how it may work and what its potential might be". **Eur J Appl Physiol**. vol.108, no.10, pp. 877-904.
13. S.J.Ahn., 2010. "Discomfort of vertical whole-body shock-type vibration in the frequency range of 0.5 to 16 Hz", **in Proceedings of International Journal of Automotive technology**, vol.11. no 6. pp 909-916.
14. V. k. Tewari, K. N. Dewangan. 2009. "Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field opration of hand tractor", **in Proceedings of Biosystem Engineering**. vol. 103. No 2. pp. 146–158.
15. Wenqian Huang, Feijun Xu, Jishuai Ge and Chi Zhang. 2012. "Simulated Analysis of a Wheeled Tractor on soft soil based on Recur Dyn", **in Proceedings of IFIP AICT 370 International Federation for Information Processing**, pp. 332-342.

Measurement and Analysis of Vibration of Operator in Universal 650, Massey Ferguson 285 & MF 299 Tractors

M. Fereydooni[1], A. Nejat Lorestani[*2], H. Rabbani[2] , P. Javadikia[2].

1-Master of science of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery Department, Agricultural Faculty.Razi University, Kermanshah.
2-Assistant Professor of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery Department, agricultural faculty, Razi University, Kermanshah, Iran.
Address:*Department of Mechanics of Agricultural Machinery, Agricultural Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran. Phone: +98-831-8331662, Postal code: 6715685438*

Received: 2013- 02- 03 Accepted: 2013- 12- 01

Abstract

Since healthy human is basis of permanent development in any society, and safety & health subjects have special importance, then examination and investigation is necessary about of risks working for the purpose of recognition danger and guiding to eliminate them. In this study, the objective is to compare effect of change engine rotation and ground type on operator of tractors and implements that utilized. In this investigation universal tractor and ferguson285 &299 tractors with moldboard plough and disk are used. Hand-Arm vibration's operator in 1300, 1500 and 1700 rpm and in ploughing field and unploughing field with hand-arm vibration meter are measured. After statistical analysis, appeared that effective vibration difference on hand and arm's operator in examined tractors is significant and engine rotation is significant too.

Keywords: *Agriculture, Hand and Arm, Safety, Tractor, Vibration.*