

Rankinių mašinų darbinių dalių dėvėjimosi įtaka rankas veikiančiai vibracijai

Egita Kraniauskaitė, Gediminas Vasiliauskas

Aleksandro Stulginskio universitetas

Darbuotojų rankas ar visą kūną veikianti vibracija yra vienas pagrindinių neigiamai darbuotojus veikiančių rizikos veiksnių, dėl kurių dažnai diagnozuojamas jungiamojo audinio ir skeleto raumenų profesinės ligos. Šiame straipsnyje analizuojama rankinių mašinų keliamos rankas veikiančios vibracijos priklausomybė nuo komplektuojančių darbinių dalių būklės. Tyrimai atlikti tiriant kampinių šlifuočių, grandinių pjūklų ir žoliapjovių vibracijos vertes. Nustatyta, kad iš visų tirtų rankinių mašinų visais atvejais yra viršijama $2,5 \text{ m/s}^2$ kasdienio veikimo vertė ir net 65 % tirtų atvejų viršijama 5 m/s^2 poveikio vertė. Taip pat nustatyta, jog matuojant vibracijos vertes esant darbinėms dalims naujoms ir joms nusidėvėjus galimas net iki 35 % vibracijos pagreičio vertės skirtumas. Dėvintis rankinių mašinų darbinėms dalims, kampinių šlifuočių vibracija - mažėja, o grandinių pjūklų ir žoliapjovių vibracija didėja.

Vibracija, kasdieninio vibracijos veikimo vertė, rankinė mašina

Įvadas

Rankomis valdomos mašinos ar įrenginiai ypač paplitę ne tik gamybinėse įmonėse tačiau ir namų ūkiuose, smulkiuose ūkininkų ūkiuose ir kitur, bei naudojami įvairiems darbams atlikti. Dėl tokių įrenginių didelio paplitimo ir jų keliamo triukšmo bei vibracijos dirbantieji rizikuoja pakenkti savo sveikatai. Mechaniniai virpesiai, dirbantiesiems sukelia nervų sistemos, jungiamojo audinio bei skeleto ir raumenų sistemos sutrikimus, sąnarių, raiščių, sausgyslių ir raumenų pažeidimus. Obelenis ir Malinauskienė teigia, kad veikiančios vibracijos kenksmingas poveikis apima virpesius, kurie sklinda nuo 6,3 Hz iki 1250 Hz dažniu. Tyrimai nustatyta, kad kenksmingiausia yra žemesnių dažnių (iki 250 Hz) sritis (ISO 5349-2:2001; Obelenis ir Malinauskienė, 2007).

Apie neigiamą vibracijos poveikį byloja ir profesinių ligų statistiniai duomenys, pagal kuriuos dažniausia tokių ligų atsiradimo priežastis yra fizikiniai veiksniai tokie kaip virpesiai ir triukšmas. Remiantis valstybinės darbo inspekcijos 2015 metų duomenimis (ir prieš tai buvusių metų tendencijomis), daugiausia profesinių ligų užregistruota fizikinių veiksnių kategorijoje (52,6 %), o viena iš dažniausiai pasitaikančių priežasčių yra visą kūną ir rankas veikianti vibracija – 35,9 % iš visų užregistruotų profesinių ligų ir 68,3 % iš fizikinių veiksnių (VDI ataskaita, 2015). Vienas iš tokių statistiką lemiančių veiksnių gali būti, realių darbo sąlygų nežinojimas dirbant su vibraciją skleidžiančiais įrenginiais ar įrankiais.

Darbuotojams dažnai tenka dirbti su įrankiais, kurie kelia didelę vibraciją, tačiau jie to neįvertina arba tiesiog nekreipia į tai dėmesio. López ir kitų autorių atliktų tyrimų rezultatai rodo liūdną statistiką, jog net 42 % iš tirtų dažniausiai naudojamų įrankių (tokių kaip: grąžtai, kampiniai šlifuočiai ir t.t.) viršija kasdienio poveikio vertes (López-Alonso ir kiti 2013). Labai panašius duomenis pateikia ir Butkus ir Šarlauskas kurie teigia, kad rankas veikianti vibracija darbo vietoje dažniausiai būna dirbant su varikliniais rankiniais įrankiais arba prilaikant apdirbamus ruošinius. Apytikriai 45 % tokių vietų gali būti viršijama nustatyta $2,5 \text{ m/s}^2$ vibracijos kasdienio veikimo vertė prevencijos veiksams pradėti, o beveik trečdalyje vietų ir ribinė 5 m/s^2 vertė (Butkus ir Šarlauskas, 2007).

Dažnai darbuotojai linkę pasitikėti gamintojo deklaruojamomis vibracijos dydžio vertėmis nors dažniausiai tarp šių ir faktinių vibracijos pagreičio reikšmių gali būti ir skirtumų. Dėvintis tiek įrankiui, tiek

įrankio darbinei daliai, vibracijos vertės kinta, t.y. dažniausiai didėja. Rimell ir kiti autoriai atliko tyrimą, kurio metu buvo nustatinėjama, kiek gamintojų deklaruojamos įrankių vibracijos pagreičio vertės atitinka tas, kurios gaunamos darbo vietoje. Tyrimais nustatyta, kad tokie įrankiai kaip: kampiniai šlifuočiai (3,7 %), pakraunami elektriniai grąžtai (8,8 %), kaltai (12,5 %), grandiniai pjūklai (18,2 %), plaktukiniai grąžtai (18,6 %), grąžtai deimantinėmis karūnomis (58,5 %) neatitinka gamintojo deklaruojamų vibracijos lygio verčių (Rimell ir kiti, 2008).

Darbuotojo rankas veikiančios vibracijos rizikai mažinti taikomos ir asmeninės apsaugos priemonės tokios kaip antivibracinės pirštinės ar rankenos. Welcome ir kitų bendraautorių atlikti tyrimai rodo, kad antivibracinės pirštinės, kurios deklaruojamos kaip viena dažniausiai naudojamų asmeninių apsaugos priemonių nuo vibracijos yra mažai veiksmingos. Iki 80 Hz dažnio srityje, antivibracinės pirštinės vibracijos dydį rankos srityje gali sumažinti vos iki 3 %, o esant 80–400 Hz dažniui kai kuriais atvejais pastebimas net vibracijos sustiprinimas (Welcome ir kiti, 2014). Svarbu paminėti tai, kad antivibracinės pirštinės labiau apsaugo delno sritį, o pati jautriausia rankų dalis – pirštai, lieka neapsaugoti (Zdanevičiūtė ir Butkus, 2014). Ko Ying Hao ir kiti autoriai atliko tyrimus, kurių metu žoliapjovei buvo pritaikyta antivibracinė rankena ir tiriamas jos efektyvumas. Tyrimai parodė, kad tirtoji žoliapjovė, pjaunant žolę su gamykline rankena siekia ekspozicijos ribinę (5 m/s^2) vertę. Naudojant antivibracinę rankeną, vibracijos poveikį žmogui galima sumažinti iki 76 % (Ko Ying Hao ir kiti, 2011). Tačiau antivibracinės rankenos pritaikymas ir gamyba yra ganėtinai ilgas procesas, kuris reikalauja nemažai kaštų, kas įtakoja jų nepopuliarumą.

Literatūroje pasigendama informacijos apie tai, kaip vibracijos pagreičio vertės keičiasi dylant įvairių rankomis valdomų mašinų darbinėms dalims, o vibracijos pagreičio vertės paprastai mažiausios, kai darbinės įrenginių dalys yra geros būklės. Tokiu būdu netinkamai atlikus tokių įrenginių vibracijos matavimus, darbuotoją veikiančios vibracijos dydis gali būti reikšmingai skirtingas, todėl šiame tyrime buvo atliekami vibracijos matavimai esant skirtingoms įrenginių darbinių dalių būklėms.

Tyrimų tikslas – atlikti dažniausiai smulkiuose ūkiuose naudojamų rankinių mašinų vibracijos matavimus, esant skirtingai darbinių dalių būklei

Tyrimų metodika

Rankas veikiančios vibracijos rizikos vertinimas tiksliai nesilaikant vibracijos matavimo metodikų gali siekti iki 8 % paklaidą nuo įvertintos vibracijos vertės (Ainsa ir kiti, 2011). Rizikos vertinimas ir ekspozicija buvo atliekama pagal ISO 5349-2:2001 standarte nustatytus reikalavimus.

Pagal ES direktyvą 2002/44/EB, pateikiamos rankas veikiančios vibracijos ribinės kasdienio veikimo ir poveikio vertės:

- ribinė kasdienio poveikio vertė paskaičiuota 8 valandų darbo laiko trukmei $A(8)$ neturi viršyti 5 m/s^2 ;
- kasdienio veikimo vertė darbo procese paskaičiuota 8 valandų darbo laiko trukmei neturi viršyti $2,5 \text{ m/s}^2$.

Norint įvertinti dienos vibracijos ekspoziciją, reikia nustatyti laiką, kurį operatorius naudoja vibraciją skleidžiantį įrankį. Standarte ISO 5349-2:2001 yra pateikiami du pagrindiniai metodai, kurių taikymas susijęs su atliekamo darbo pobūdžiu ir gali būti nuolatinis arba su pertrūkiais. Kadangi vibracijos matavimų metu retai naudojamas nuolatinis metodas tyrimai buvo atliekami matuojant skirtingų darbų vibracijos pagreičio vertes, kurios yra matuojamos trijose statmenose a_{hwx} , a_{hwy} ir a_{hwz} ašyse. Kiekvienoje ašyje buvo matuojamas dažninis svertinis vidutinis kvadratinis pagreitis.

Dirbančiojo rankas veikiančios vibracijos veikimo vertė įvertinama apskaičiuojant kasdienio vibracijos veikimo vertę aštuonių valandų darbo laiko trukmei. Pagrindinis normuojamas parametras – vibracijos kasdienio veikimo vertė $A(8)$ arba $a_{wv,eq,8h,i}$, kuri yra pagrįsta ekvivalentine 8 valandų darbo pamainos veikimo trukmei efektyviaja pagreičio verte ir skaičiuojama taip:

- jei atliekama tik viena operacija:

$$A(8) = a_{hvv,i} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}}, \text{ m/s}^2 \quad (1)$$

čia: $a_{hvv,i}$ – rankas veikiančios vibracijos bendroji (v) svartinė (w) pagreičio vertė i -uoju pamainos laikotarpiu, m/s^2 ;
 T_i – i -osios operacijos bendroji trukmė pamainoje sekundėmis;
 T_0 – pamatinė 8 valandų pamainos trukmė sekundėmis, lygi 28800 s.

- kai atliekamos įvairios darbo operacijos, dirbama su skirtingais įrankiais:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvv,i}^2 \cdot T_i}, \text{ m/s}^2 \quad (2)$$

čia: n – tokių laikotarpių skaičius.

Vibracijos matavimai atlikti žmogaus vibracijos analizatoriumi Bruel&Kjaer 4447, kartu su trijų ašių 4520-002 tipo akcelerometru. Šiuo prietaisu buvo matuojamas rankas veikiančios vibracijos svartinis pagreitis x , y ir z ašių kryptimis bei bendrasis atstojamasis pagreitis a_h , bei bendroji vibracijos pagreičio vertė VTV.

Tyrimai buvo atliekami su plačiai naudojamais įrankiais, tokiais kaip žoliapjovės, grandininiai pjūklai ir kampiniai šlifuokliai. Tyrimų metu buvo siekiama išsiaiškinti kaip įrankio vibracijos dydis kinta, dėvintis jo

pagrindinei darbiniai daliai (grandinių pjūklų – grandinė, kampinio šlifuoklio – metalo pjovimo diskas ir žoliapjovės – žolės pjovimo valas). Atliekant grandinių pjūklų vibracijos tyrimus, buvo matuojama viršutinės ir galinės rankenų vibracija. Matavimai buvo atliekami esant naujai (aštriai) grandinei, bei jai nusidėvėjus (vertinama vizualiai), taipogi esant įtemptai grandinei bei kai tarp pjovimo juostos ir grandinės yra 1 mm. ir 2 mm. tarpeliai. Pjūklų vibracijos matavimų metu buvo pjaunamas 23 cm. pločio ir 30 cm. aukščio kietmedžio tašas (kaip numatyta pagal ISO 22867:2004). Variklio sūkiai matavimo metu buvo maksimalūs, o matavimo trukmė vidutiniškai 20 sekundžių.

Rankinių žoliapjovių vibracijos matavimai buvo atliekami esant 30, 40, 50 cm. žolės pjovimo valo ilgiui. Pagal ISO 22867:2004 reikalavimus pjovimo ciklo trukmė buvo ne mažiau kaip 20 sekundžių, o šiuo laikotarpiu nenutrūkstamai buvo matuojama vibracijos pagreičio vertė, kuri apėmė įrenginio pilnos apkrovos, išibėgėjimo ir lėtėjimo ciklus. Matavimo metu buvo pjaunama 40 cm. aukščio, vešli žolė. Akcelerometras buvo tvirtinamas toje vietoje, kurioje žmogaus ranka su įrankiu turi didžiausią kontaktą, t.y. akcelerometro tvirtinimo laikiklis buvo priveržtas prie rankenos bei papildomai prispaudžiamas ranka. Atliekant motorinių miško tvarkymo įrenginių vibracijos matavimus x ašies kryptimi laikoma į įrenginio priekį nukreipta kryptis, y – nukreipta į kairę, o z – į viršų.

Tiriant kampinių šlifuoklių vibracijos vertes, buvo matuojama jo korpuso vibracija. Tyrimai atlikti esant pjovimo diskeliui naujam ir jam dėvintis kas 10 % pjovimo disko skersmens. Tyrimams buvo naudojami 115 mm. skersmens ir 1, 1,2 bei 1,6 mm. storio metalo pjovimo diskeliai. Tokiu būdu lyginant išmatuotas vibracijos pagreičio vertes buvo vertinama vibracijos lygio priklausomybė nuo darbinės dalies būklės.

Kiekvienu iš įvairių aukščiau aprašytų matavimo variantų buvo atliekami mažiausiai trys pakartojimai, o rezultatuose pateiki šių matavimų aritmetiniai vidurkiai su 95 proc. pasikliauties intervalais.

Rezultatai ir aptarimas

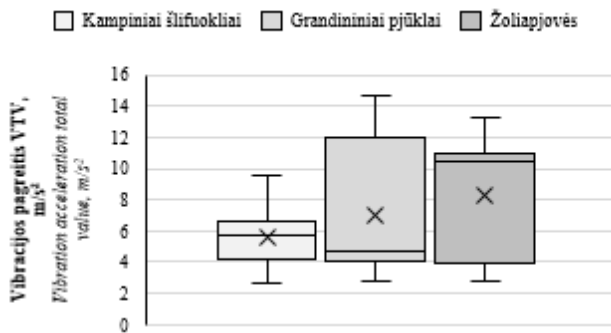
Rankas veikiančios vibracijos vertinimas buvo pradedamas nuo išmatuotų vibracijos verčių palyginimo su gamintojų pateikiamomis. Kai kurių atskirų rankinių mašinų gamintojų deklaruojamos vibracijos pagreičio vertės pateikiamos 1 lentelėje.

1 lentelė. Tyrimuose naudoti įrankiai ir jų gamintojų deklaruojamos vibracijos pagreičio vertės

Table 1. Vibration data declared by the manufacturer

Pavadinimas, markė, modelis <i>Equipment, manufacturer, model</i>	Gamintojo deklaruojama vertė, m/s^2 <i>Manufacturer vibration data,</i> m/s^2
Grandininis pjūklas „Husqvarna 55“, 2,5 kW	4,9 / 7,2
<i>Priekinė / galinė rankenos</i>	
Grandininis pjūklas „STIHL MS 260“, 3,0 kW	3,5 / 3,5
<i>Priekinė / galinė rankenos</i>	
Kampinis šlifuoklis „Metabo WS-125“, 0,8 kW	6,5
Kampinis šlifuoklis „Yato“, 0,95 kW	4,49 ± 1,5
Žoliapjovė „STIHL FS 240 C“	4,6 / 4,0
<i>Kairė / dešinė rankenos</i>	

Tyrimų analizė pradėta nuo gautų duomenų apibendrinimo ir analizės lyginant išmatuotas vertes esant įvairioms skirtingų įrenginių darbinių dalių būklėms. Šie rezultatai pateikiami 1 pav.

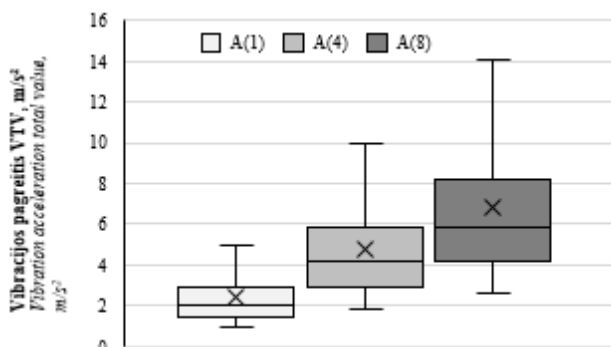


1 pav. Skirtingų įrankių grupių išmatuotos bendrosios vibracijos pagreičio vertės ir procentiliai

Fig. 1. Vibration acceleration values and percentiles of various hand-held tool groups

Pateikiant skirtingų įrankių vibracijos pagreičio kitimo ribas, naudojamos bendrosios vidutinės svartinės ašių vertės matavimo laikotarpiu. Iš gautų rezultatų matyti, kad apatinė 8 valandų rankas veikiančios vibracijos poveikio ekspozicijos vertė ($2,5 \text{ m/s}^2$) viršijama visais tirtais atvejais, o ribinė 5 m/s^2 vertė viršijama atliekant ~ 65 % darbų. Iš visų tirtų įrankių, mažiausiomis vibracijos vertėmis pasižymėjo kampiniai šlifuočiai (vidutinė vibracijos pagreičio vertė yra lygi $5,56 \text{ m/s}^2$). Didžiausia vidutinė vibracijos pagreičio vertė nustatyta, žoliapjovių – $8,33 \text{ m/s}^2$. Taip pat nustatyta, jog nepriklausomai nuo įrankių darbinių dalių būklės atliekant įvairius metalo, medžio ar žolės pjovimo darbus vibracijos pagreičio vertės yra ženkliai didesnės nei gamintojų deklaruojamos ir viršija ribinę 8 valandų vibracijos ekspozicijos vertę.

Analogišku principu taip pat buvo atliekami vibracijos ekspozicijos per 8 valandas A(8), 4 valandas A(4) ir 1 vieną valandą A(1) skaičiavimai. Šių skaičiavimų rezultatai pateikiami 2 paveiksle.



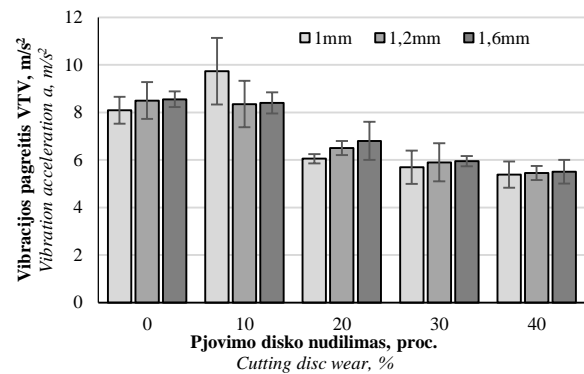
2 pav. Rankinių mašinų vibracijos esant įvairiai darbinių dalių būklei A(8), A(4) ir A(1) ekspozicijos vertės

Fig. 2. Vibration exposure values of A(8), A(4) ir A(1) of various hand-held tool groups under various conditions of working parts

Apibendrinus visas išmatuotas įrankių vibracijos pagreičio vertes, matyti kad dirbant vieną valandą rankas veikiančios vibracijos vertė prevencijos veiksams pradėti ($2,5 \text{ m/s}^2$) viršijama atliekant ~ 35 % darbų, o ribinė 5 m/s^2 vertė nėra viršijama nė vienu atveju. Tai reiškia kad žmogus dirbdamas vieną valandą be perstojo, su bet kuriuo

iš tirtų įrankių, sveikatai žalos nepatiria. Dirbant keturias valandas, gaunamos vibracijos pagreičio vertės išauga dvigubai. Apie 45 % iš visų tirtų įrankių yra viršijama ribinė 5 m/s^2 vertė. Tai reiškia, kad žmogus dirbdamas ilgiau nei keturias valandas patiria neigiamą vibracijos poveikį, kuris gali sukelti sveikatos sutrikimus. Norint to išvengti reikia naudoti vibraciją mažinančias priemones, arba trumpinti darbo laiko trukmę. Dirbti aštuonias valandas be perstojo, su bet kuriuo iš tirtų įrankių nepatartina. Visais atvejais yra viršijama rankas veikiančios vibracijos vertė prevencijos veiksams pradėti ($2,5 \text{ m/s}^2$), o ribinė 5 m/s^2 viršijama apie 50 %.

Kitame tyrimų etape buvo atliekami vibracijos matavimai, kurių metu buvo siekiama išsiaiškinti, kiek vibracijos pagreičio vertė kinta dylant kampinio šlifuočio pjovimo diskui. Šiam tikslui buvo naudojami standartiniai 115 mm skersmens, skirtingo storio pjovimo diskai, o tyrimų rezultatai pateikiami 3 paveiksle.

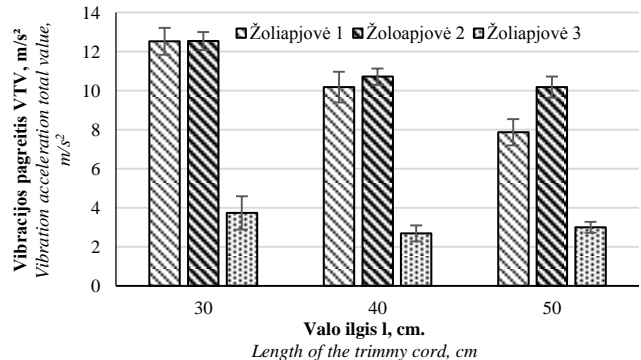


3 pav. Kampinių šlifuočių vibracijos pagreičio vertės priklausomybė nuo pjovimo disko būklės

Fig. 3. Dependence of cutting disc wear on vibration acceleration of the angle grinders

Iš tyrimo rezultatų matyti, kad visais tirtais atvejais pjovimo diskui dylant stebimas vibracijos pagreičio mažėjimas. Šiuose rezultatuose svarbu tai, jog nagrinėtinos ne absoliutinės, tačiau santykinės vibracijos sumažėjimo vertės. Pavyzdžiui, lyginant vibracijos matavimų rezultatus esant naujam pjovimo diskui ir jam nusidėvėjus 40 %. nepriklausomai nuo pjovimo disko storio vibracijos pagreičio vertė gali sumažėti 25–30 proc.

Analogiškai buvo atliekami tyrimai su rankinėmis žoliapjovėmis, o šių tyrimų rezultatai naudojant skirtingus įrankius pateikiami 4 paveiksle.



4 pav. Žoliapjovių vibracijos pagreičio vertės priklausomybė nuo pjovimo valo darbinio ilgio (kairės rankenos matavimo rezultatai)

Fig. 4. Dependence of trimmy cord length on vibration acceleration of the trimmers (results of left handle)

Iš 4 paveiksle pateikiamų duomenų galima matyti, jog ant žoliapjovių rankenos išmatuotos vibracijos pagreičio vertės didėja, valo ilgiui mažėjant. Valo ilgiui sumažėjus nuo 50 cm iki 30 cm vibracijos pagreičio vertė atitinkamai gali sumažėti 20–35 proc.

Apibendrinant tyrimų rezultatus galima daryti išvadą, kad daugeliu atveju vibracijos pagreičio vertės viršija leistinas vertes, taip pat ne visada atitinka gamintojo deklaruojamas vibracijos pagreičio vertes. Šio tyrimo rezultatai aiškiai rodo, jog atliekant darbuotojus veikiančios vibracijos rizikos vertinimą svarbu ne tik tinkamai parinkti darbinės operacijas ir matavimo laikotarpius, tačiau atsizvelgti ir į tai, kokios būklės darbinėmis dalimis įrenginiai komplektuojami.

Išvados

1. Nustatyta, jog rankinių mašinų keliama rankas veikiančios vibracijos vertė prevencijos veiksams pradėti ($2,5 \text{ m/s}^2$) viršijama visais tirtais atvejais, o ribinė 5 m/s^2 vertė viršijama atliekant 65 proc. visų darbų.

2. Rankas veikiančios vibracijos pagreičio vertėms reikšmingos įtakos turi darbinių dalių būklė, o didžiausi vibracijos lygiai yra pjaunant grandiniais pjūklais, kai grandinė atšipusi (gali siekti iki $14,7 \text{ m/s}^2$) ir rankinėmis žoliapjovėmis, kai žolės pjovimo valas mažesnio nei maksimalaus ilgio (iki $13,3 \text{ m/s}^2$).

3. Kampinių šlifuoklių keliama rankas veikianti vibracija, dėvintis metalo pjovimo diskui, gali sumažėti 25–30 proc., o rankinių žoliapjovių vibracija, dėvintis žolės pjovimo valui - padidėti iki 35 proc.

Literatūra

- AINSA I., GONZALEZ D., LIZARANZU M., BERNAD C. Experimental evaluation of uncertainty in hand/arm vibration

Egita Kraniauskaitė, Gediminas Vasiliauskas

Influence of hand-held equipment working parts wear on hand-arm vibration

Summary

Hand-arm and whole body vibrations are one of the main risk factors on employees which often causes musculoskeletal occupational diseases. This article analyzes the effect of working par wear of the hand-held tools on vibration acceleration values. Investigations were carried out with angle grinders, chain saws and lawn mowers. It was found that all tested hand-held machines in all cases exceeded 2.5 m/s^2 daily exposure action value, and 65 percent of the cases exceeded the limit value of 5 m/s^2 . It was also found that the result of vibration might be by 35 percent higher when hand-held tool is equipped with new and worn working parts (e.g. cutting disc). It was found that vibration level of angle grinders decreases when the diameter of the cutting disc reduces, while for the trimmers increases. These results might be useful for the more precise risk assessment of hand arm vibration as suggests to pay more attention to the condition of working parts of the tools but not only to the duration of the exposure.

Vibration, vibration daily exposure, hand-held tool

Gauta 2017 m. vasario mėn., atiduota spaudai 2017 m. balandžio mėn.

Egita KRANIAUSKAITĖ, Aleksandro Stulginskio universiteto, Žemės ūkio inžinerijos fakulteto, Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto magistrantė. Tel. +37062942359 El. paštas: egita.kraniauskaite@gmail.com

Gediminas VASILIAUSKAS, dr., Aleksandro Stulginskio universiteto, Žemės ūkio inžinerijos ir saugos instituto docentas. Adresas: Studentų g. 15, LT-53361 Akademija, Kauno raj. Tel. +37068977015, el. paštas gediminas.vasiliauskas@asu.lt

Egita KRANIAUSKAITĖ, Master student at the Faculty of Agricultural Engineering of Aleksandras Stulginskis University. Phone: +37062942359 e-mail: egita.kraniauskaite@gmail.com

Gediminas VASILIAUSKAS, associate professor at Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Agricultural Engineering, Institute of Agricultural Engineering and Safety, Address: Studentu str. 15, LT-53361 Akademija, Kaunas distr. Phone: +37068977015, e-mail: gediminas.vasiliauskas@asu.lt

- measurements.// *International Journal of Industrial Ergonomics* 41 (2011), P. 167 – 179
- BUTKUS R., ŠARLAUSKAS A. Žemės ūkio mašinų operatorius veikiančios vibracijos verčių ir jų nustatymo metodikų analizė. LŽŪU ŽŪI instituto ir LŽŪU mokslo darbai 2007, 39(1), P. 63-75.
- ISO 5349-2:2001. Mechanical vibration – measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration, 2007, 45 p.
- ISO 22867:2004. Forestry machinery - Vibration test code for portable hand-held machines with internal combustion engine - Vibration at the handles.
- KO YING HAO, OOI LU EAN, ZAIDI MOHD RIPIN. The design and development of suspended handles for reducing hand-arm vibration in petrol driven grass trimmer.// *International Journal of Industrial Ergonomics* 41 (2011), P. 459 – 470.
- LÓPEZ-ALONSO M., PACHECO-TORRES R., MARTÍNEZ-AIRES MA D., ORDOÑEZ-GARCÍA J. Comparative analysis of exposure limit values of vibrating hand-held tools.// *International Journal of Industrial Ergonomics* 43 (2013), P. 218 – 224.
- OBELENIS V., MALINAUSKIENĖ V. Darbo sąlygų ir profesinių veiksmų įtaka širdies ir kraujagyslių ligų rizikai. // *Medicina* (Kaunas) 2007; 43 Nr.2, P. 96 – 102.
- RIMELL A. N., NOTINI L., MANSFIELD N.J., EDWARDS D.J. Variation between manufacturers' declared vibration emission values and those measured under simulated workplace conditions for a range of hand-held power tools typically found in the construction industry.// *International Journal of Industrial Ergonomics* 38 (2008), P. 661–675.
- Valstybinė darbo inspekcija. Darbuotojų saugos ir sveikatos bei darbo įstatymų vykdymo būklė. Pokyčių tendencijos 2009 – 2015 metais. [Žiūrėta 2017 01 17]. Prieiga per: <<https://www.vdi.lt/PdfUploads/Ataskaita2015.pdf>>.
- WELCOME D.E., DONG R.G., XU X.S., WARREN C., MCDOWELL T.W. The effects of vibration-reducing gloves on finger vibration.// *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2014, Vol. 44, Issue 1, 45-59 p.
- ZDANAVIČIŪTĖ G., BUTKUS R. Per rankas veikiančios vibracijos perdavimo priklausomybė nuo rankos ir darbo priemonės sąlyčio jėgų. 20-osios mokslinės praktinės konferencijos „Žmogaus ir gamtos sauga“ medžiaga. Akademija, 2014, 1 dalis, p. 12-15. ISSN 1822-1823