



Mašinstvo i **I**nformacione **TE**hnologije **F**orum **2018**

PROCENA ŠTETNOG UTICAJA HUMANIH VIBRACIJA NA VOZAČA MOTORNOG VOZILA PRIMENOM PROGRAMSKOG PAKETA DBMAESTRO

Aleksandar Mićović

Organizatori



Prijatelji Foruma



MITEF 2018
12th December 2018 – Serbian Chamber of Commerce and Industry
13th December 2018 – Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade

Izloženost vibracijama utiče na čoveka na različite načine, od običnih smetnji do smanjenja radnog učinka, opasnosti po zdravlje, pa čak i oštećenja zdravlja. Vibracije nastaju kao:

- Vibracije koje se prenose na šake i ruke – Vibracije šaka-ruka za vreme rada s vibrirajućim ručnim alatima, kao što su pneumatski čekići, brusilice, pneumatske bušilice, vibracijski nabijači, drobilice, udarne bušilice, lančane testere, itd.
- Vibracije koje se prenose na celo telo – Vibracije celog tela na pokretnim mašinama i opremi kao što su motorna vozila, mehanizacija u građevinarstvu i šumarstvu, grejderi, utovarivači na točkovima, utovarivači - guseničari, traktori, viljuškari koji rade na neravnom terenu, vojna vozila. Vibracije takođe mogu nastati na stacionarnim radnim mestima uz teške mašine, kao što su kontrolne udarnih presa ili platforme kompresora.

Štetno delovanje vibrirajućih alata ili mašina odavno je poznato, ali je još uvek često podcenjeno.

Vibracije celog tela se javljaju u životnoj i radnoj sredini, najčešće u prevoznim sredstvima (drumski, železnički i avio saobraćaj).

Štetno delovanje vibracija celog tela opisuje se:

- smanjenjem udobnosti,*
- ometanjem percepcije i aktivnosti i*
- uticajem na zdravlje.*



Izlaganje dugotrajnim i „jakim“ vibracijama može dovesti do povrede ili pogoršanja zdravlja. Uticaj na čovečiji organizam zavisi od efektivne vrednosti, frekvencije, pravca i trajanja vibracija. Najopasnije su vibracije frekvencija (45 – 80 Hz) sa amplitudama iznad 100 μm .

Štetno delovanje vibracija na čoveka ispoljava se u vibrooboljenjima, kao što su glavobolja, povećana razdražljivost, česte promene krvnog pritiska, kontrakcije želuca itd. Kod niskih frekvencija vibracije mogu biti uzrok tzv. bolesti kretanja koju prati vrtoglavica, mučnina i povraćanje (motion sickness – 0,1 Hz do 0,5 Hz).



PROCENA UTICAJA VIBRACIJA NA ORGANIZAM

Našim zakonodavstvom nisu posebno propisane dozvoljene vrednosti ekspozicije vibracijama. Koriste se ISO standardi za ekspoziciju vibracijama koje se prenose preko ruku i koje deluju na celo telo. To su:

- ISO 2631– odnosi se na vibracije celog tela,
- ISO 5349 – odnosi se na vibracije sistema šaka ruka i
- ISO 8041– propisuje kako treba da bude projektovana i klasifikovana merna oprema.

Pored toga u nacionalnom zakonodavstvu moraju se uvažiti odredbe evropske Direktive „Vibracije“ (2002/44/EC). Direktiva svodi odgovornost na poslodavca koji treba da obezbedi da je rizik od vibracija sveden na minimum.

Vrednosti izloženosti preko kojih se traži od poslodavca da proverava uticaj vibracija na celo telo, na radnom mestu su:

- Upozoravajuća vrednost izloženosti = $0,5 \text{ m/s}^2$
- Granična vrednost izloženosti = $1,15 \text{ m/s}^2$

Radi utvrđivanja eventualnih prekoračenja graničnih vrednosti, a u cilju zaštite ljudi koji su izloženi tim vibracijama, vrše se merenja.

Vrednosti date u tabeli samo su naznake mogućih reakcija na različite vrednosti ukupnih vrednosti svih vrsta vibracija koje se javljaju prilikom transporta. Reakcije na magnitude vibracija zavise od senzitivnosti putnika na dužinu putovanja, i tipa aktivnosti koje obavljaju tokom transporta i mnogih drugih faktora (nivoa akustičke buke, ambijentalne temperature itd.). Pragovi komfora odgovaraju osećaju i porede se sa ukupnom vrednosti RMS ponderisanog ekvivalentnog ubrzanja, datog u tabeli.

Vrednosti ubrzanja	Orijentaciona ocena komfora	Engleski termin
Manje od 0,315 m/s ²	Nije neudobno	Not uncomfortable
od 0,315 m/s ² do od 0,63 m/s ²	Malo neudobno	A little uncomfortable
od 0,5 m/s ² do od 1 m/s ²	Pretežno neudobno	Fairly uncomfortable
od 0,8 m/s ² do od 1,6 m/s ²	Neudobno	Uncomfortable
od 1,25 m/s ² do od 2,5 m/s ²	Vrlo neudobno	Very uncomfortable
Više od 0,2 m/s ²	Ekstremno neudobno	Extremely uncomfortable

Prema direktivi parametri koji se koriste za procenu izloženosti su:

– $A(8)$ ili dnevna izloženost - predstavlja ekvivalentno kontinualno ubrzanje preračunato na osmočasovno radno vreme (merenje RMS ponderisanih ubrzanja za svaku osu i izbor maksimalne vrednosti po sledećoj formuli):

$$A(8) = \max(1, 4a_{wx}; 1, 4a_{wy}; a_{wz}) \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

gde je:

T – vreme izloženosti vibracijama,

T_0 – dnevno radno vreme.

U situacijama kada su ispitna mesta izložena povremenim vibracijama jako promenljivog karaktera uključujući jake potrese i vršne udare, alternativa merenja dnevne izloženosti vibracijama je VDV - Vibration Dose Value (kumulativna doza vibracija). Za razliku od dnevne izloženosti vibracijama, VDV je veličina kumulativnog karaktera, što znači da njena vrednost raste sa porastom mernog intervala.

$$VDV = \left(\int_0^T a^4(t) dt \right)^{1/4}$$

gde je:

a(t) – ponderisana vrednost ubrzanja (m/s²),

T – ukupan vremenski period merenja (s).

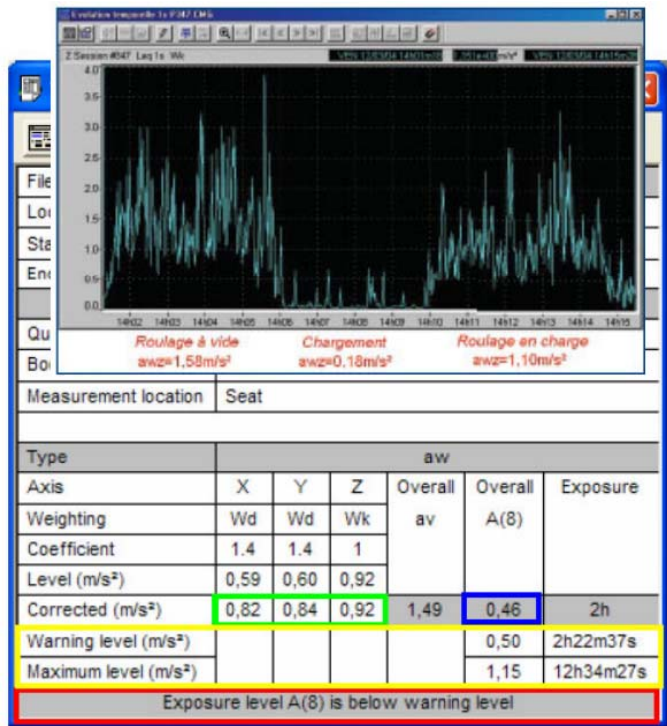
MERNI LANAC

Za merenje vibracija na sedištima vozača i posade u kabinama vozila, korišćen je portabl analizator humanih vibracija MAESTRO, proizvođača 01dB-Metravib. On je prvenstveno namenjen za merenja humanih vibracija, odnosno za merenje i izračunavanje uticaja vibracija na čoveka (merenje vibracija na radnom mestu, koje se prenose na celo telo ili koje se prenose na ruke). Posедуje četiri nezavisna kanala za merenje (prva tri kanala su namenjena za troosne akcelerometre, a četvrti kanal može biti povezan na jednoosni akcelerometar ili na predpojačalo sa mikrofonom; prilagođen za merenje efikasnosti sedišta i/ili kao osnovni vibrometar). Poseduje kapacitet sopstvene memorije od 2 MB, analogni izlaz sa 4-pinskim LEMO konektorom, za snimanje ili praćenje signala sva četiri kanala u opsegu 0,4 - 1.000 Hz. Vek baterije obezbeđuje autonomiju merenja od 8 - 13 h.





dBMaestro je softver za obradu, koji je usaglašen sa aktuelnim ISO 5349 i ISO 2631 standardima. Omogućava proračun A(8) i VDV, uz pomoć podataka prikupljenih sa portabl analizatora humanih vibracija i pruža brzu ocenu rezultata merenja vibracija na "šaci-ruci" i "celom telu" prema Evropskoj direktivi EC/44/02. Glavna prednost ovog softvera je mogućnost automatskog generisanja izveštaja ispitivanja sa podacima o kumulativnoj dozi vibracija, maksimuma promenljivog ubrzanja i dnevne izloženosti, na osnovu čega se vrši procena „kvaliteta zdravlja“ i „kvaliteta komfora“.



MAESTRO Software packages

With a memory capacity of 2MB, Maestro can store up to 999 files, with date/time information from the built-in real time clock.

The dBTRAIT32 or dBFA32 software is available for transferring stored results from the internal memory to a PC.

Processing of results is performed by the PC, giving time history plots of all acquired parameters, along with maximum, minimum and statistical results.

Graphs and tables can be printed directly or exported to word processors or spreadsheets for further presentation or archiving.

REZULTATI ISPITIVANJA

Merenja su izvršena na terenskom automobilu Zastava PT-2, koji je namenjen za prevoz ljudstva i transport oruđa i materijala ukupne mase do 1,4 t, kao i za vuču oruđa i priključnih sredstava ukupne mase do 1,7 t.



Ispitivanje elemenata komfora u kabinama i putničkom prostoru vozila sprovedeno je na tri tipa opitnih staza (isprescana ledina, ravničarski makadam i asfaltna podloga). Brzine kretanja vozila u terenskim uslovima određene su iskustveno, na osnovu preko dvadeset godina korišćenja istih opitnih staza. Glavni parametar za određivanje brzine kretanja je bio bezbedan prolazak vozila po stazi, mišljenje opitnih vozača, kao i ostvarena prosečna brzina kretanja vozila tokom ciklusa ispitivanja..



Primeri automatski generisanih izveštaja iz programskog paketa dBMAESTRO prikazani su na donjim slikama. Glavna prednost korišćenja ovog programskog paketa je skraćenje vremena ispitivanja i automatizacija generisanja rezultata ispitivanja prema važećim svetskim standardima. Na taj način ispitivač ima mogućnost brzog davanja ocene komforosti u odnosu na vibracije ispitivanog vozila.

File	Posada nazad 30km ravnicarski makadam Ir...					
Location						
Start	25-04-13 10:04:36					
End	25-04-13 10:06:10					
Whole body						
Quality	Health					
Body position	Seated					
Measurement location	Seat					
Type	aw					
Axis	X	Y	Z	Overall av	Overall A(8)	Exposure
Weighting	Wd	Wd	Wk			
Coefficient	1.4	1.4	1			
Level (m/s ²)	0.40	0.45	1.34			
Corrected (m/s ²)	0.67	0.63	1.34	1.63	1.34	8h
Warning level (m/s ²)					0.50	1h 6m28s
Maximum level (m/s ²)					1.15	5h51m39s
eVDV dose (m/s 1.75)	12.26	11.44	24.50			8h
Exposure level A(8) is above maximum level						
Type	Peak factor					
Axis	X	Y	Z			Max.
Peak factor	3.33	3.14	3.51			3.51
Peak factor is smaller than 9						
According to Standard 2631-1, A(8) assessment is recommended						
Type	VDV					
Axis	X	Y	Z	Max. VDVe _q		Exposure
Weighting	Wd	Wd	Wk			
Coefficient	1.4	1.4	1			
VDV dose (m/s 1.75)	3.15	2.19	7.17			
Corrected (m/s 1.75)	4.41	3.06	7.17	7.17		1m34s
Warning level (m/s 1.75)					9.10	
Maximum level (m/s 1.75)					21.00	
VDV level is below warning level						

File	Posada nazad 30km ravnicarski makadam Ir...			
Location				
Start	25-04-13 10:04:36			
End	25-04-13 10:06:10			
Whole body				
Quality	Comfort			
Body position	Seated			
Measurement location	Seat			
Type	aw			
Axis	X	Y	Z	Overall
Weighting	Wd	Wd	Wk	av
Level (m/s ²)	0.48	0.45	1.34	1.50
1.25 m/s ² ≤ A _{eq} ≤ 2.50 m/s ² : very uncomfortable				

Rezultati ispitivanja pokazuju da na osnovu kriterijuma za oscilatornu udobnost, vožnja na sedištu vozača ili suvozača i ostalih putnika spada u nekomfornu vožnju na stazama ispresecana ledina i makadama. Vožnja na asfaltu za vozača i putnika na drugom redu sedišta je malo neudobna.

Rezultati ispitivanja pokazuju da na osnovu kriterijuma za oscilatornu udobnost, vožnja na sedištu vozača ili suvozača i ostalih putnika spada u nekomfornu vožnju na stazama ispresecana ledina i makadam. Vožnja na asfaltu za putnike na drugom redu sedišta je pretežno neudobna.

Staza	Merno mesto	Brzina (km/h)	Ekvivalentno troosno ubrzanje u odnosu na komfor a_w (m/s ²)	Oцена komfora
Asfalt	vozač	60	0.30	Komforno
		80	0.45	malo neudobno
	suvozač	60		
		80	0.38	malo neudobno
	posada	60	0.57 0.51	pretežno neudobno
		80	0.97 0.59	pretežno neudobno
Ledine	vozač	30	(1.25)	Neudobno
		40	1.50 (1.65)	vrlo neudobno
	suvozač	30	(1.23)	Neudobno
		40	1.63 (1.53)	vrlo neudobno
	posada	30	1.30	Neudobno
		40	2.05	ekstremno neudobno
Ravničarski makadam	vozač	30	1.19	Neudobno
		40	1.27	Neudobno
	suvozač	30		
		40		
	posada	30	2.09	ekstremno neudobno
		40	2.46	ekstremno neudobno

ZAKLJUČAK

Primena savremenih mernih instrumenata i pratećih programskih paketa u ispitivanju humanih vibracija po metodama važećih standarda, značajno smanjuje vreme i troškove ispitivanja. Na taj način se obezbeđuje mogućnost za vršenje preciznijih istraživanja i donošenje odgovarajućih odluka o zaštiti radnika od neželjenog dejstva vibracija.

Kombinacija analizatora humanih vibracija i odgovarajućeg softverskog paketa je najoptimalnije rešenje za ovu vrstu ispitivanja, koja zadovoljava sve zahteve propisane relevantnim standardima, jer kombinuje visoke tehnološke performanse i jednostavnost upotrebe. Sada stručnjaci iz oblasti merenja u industriji mogu da uvedu povećani broj istovremenih merenja na licu mesta i u potpunosti primene odredbi direktive 2002/44/CE, ISO 5349-2 i ISO 2631-1. Na kraju svakog merenja, operator može da prenese datoteke u softver dBMaestro kako bi obradio rezultate i dobio hronološke zapise za svaki merni parametar, kao i automatske korekcije izveštaja.