

## ОЦЈЕНА ЕРГОНОМСКИХ КАРАКТЕРИСТИКА МОСНЕ ДИЗАЛИЦЕ ПРЕМА СТАНДАРДУ ISO 2631-1

*Доц.др Јанко Д. Јовановић*  
Машински факултет у Подгорици

*Проф.др Миомир Љ. Јовановић*  
Машински факултет у Нишу

### Резиме

Свакодневна изложеност утицају вибрација, које дјелују на читаво тијело, утиче на радну способност и удобност, а може довести и до здравствених проблема руковаоца транспортних средстава. Стога је утицај вибрација, које дјелују на читаво тијело, предмет међународног стандарда ISO 2631-1. Овај стандард класификује утицај вибрација које дјелују на читаво људско тијело на људско здравље, радну способност и удобност. Стога ће у овом раду бити извршена детаљна анализа утицаја вибрација које дјелују на читаво тијело руковаоца транспортног средства сходно критеријумима стандарда ISO 2631-1. Као показни примјер је изабрана мосна дизалица чији су руковаоци у дужем временском периоду пријављивали проблеме услед непријатности изазване интезивним радним вибрацијама дизалице, као и појаву бола у доњем дијелу кичменог стуба.

**Кључне ријечи:** вибрације, мосна дизалица, ISO 2631-1

## 1. УВОД

Предмет истраживања представљеног у овом раду су вибрације које дјелују на читаво људско тијело и анализа њиховог утицаја на здравље, радну способност и удобност руковаоца мосне дизалице. Као показни примјер је изабрана мосна дизалица чији су руковаоци у дужем временском периоду пријављивали проблеме услед непријатности изазване интезивним радним вибрацијама дизалице, као и појаву бола у доњем дијелу кичменог стуба. Поред сопствене тежине и положаја тијела на оптерећење кичменог стуба највећи утицај имају вибрације које се

са радне машине преносе и дјелују на тијело руковаоца машине. Вибрације су препознате као узрочник оптерећења кичменог стуба током двадесетих и тридесетих година двадесетог вијека упоредо са убрзаним ширењем мобилних машина. Од тог времена до данас широм свијета је спроведен велики број истраживања утицаја вибрација на појаву професионалних обољења кичменог стуба. Истраживања која је спровела Р. Bongers са сарадницима показују да су радне вибрације мосне дизалице могући узрочника појаве бола у доњем дијелу кичменог стуба руковаоца дизалице [1,2]. Појава бола у доњем дијелу кичменог стуба је најчешће узрокована дегенеративним промјенама на међупршљенских дисковима.

С обзиром на пријављене проблеме руковаоца мосне дизалице, као и истраживања Р. Bongers, спроведено је истраживање радних вибрација дизалице. Добијени резултати су потом упоређени са препорукама стандарда ISO 2631-1 како би се процјенио њихов утицај на здравље, радну способност и удобност руковаоца дизалице.

## 2. МЕТОДЕ

Истраживање радних вибрација је изведено на мосној дизалици. Распон носеће конструкције дизалице је 30 m, а максимална носивост 5 t. Велики распон и врло еластична носећа конструкција дизалице, разлог су појаве интезивних вибрација у току рада дизалице. Мјерна опрема за мјерење вибрација дизалице, приказана на слици 2, се састоји од од сензора убрзања НВМ В12 класе тачности 05, мјерног појачивача НВМ 9012 С и лаптоп рачунара са програмом за аквизицију података добијених током истраживања.



Сл.2. Мјерна опрема

### 2.1. Анализа вибрација према стандарду ISO 2631-1

Свакодневна изложеност утицају вибрација, које дјелују на читаво тијело, утиче на радну способност и удобност, а може довести и до здравствених проблема. Стога је утицај вибрација, које дјелују на читаво тијело, предмет међународног стандарда ISO 2631-1 [3]. Овај стандард класификује утицај вибрација, које дјелују на читаво тијело, на радну способност и удобност и људско здравље. За процјену утицаја вибрација на људски организам према стандарду ISO 2631-1 се примјењује

трећинско-октавна анализа вибрационог спектра. Сходно трећинско-октавној анализи фреквентни опсјег спектра вибрација, којим је изложен људски организам, дијели се на опсјеге ширине једне трећине октаве са средишњим фреквенцијама дефинисаним стандардом ISO 266 [4]. За фреквентне опсјеге ширине једне трећине октаве се потом одређује ефективно убрзање према изразу:

$$a_i = \left[ \frac{1}{\tau_i} \cdot \int_0^{\tau_i} a_i^2(t) \cdot dt \right]^{\frac{1}{2}}, \quad u = \overline{1, n} \quad (1)$$

гдје је  $a_i$  ефективно убрзање  $i$ -тог трећинско-октавног фреквентног опсега,  $a_i(t)$  регистровано убрзање вибрација у  $i$ -тог трећинско-октавном фреквентном опсјегу у функцији времена,  $\tau_i$  вријеме трајања вибрација у  $i$ -тог трећинско-октавном фреквентном опсјегу и  $n$  број трећинско-октавних опсјега.

Након одређивања ефективних убрзања трећинско-октавних фреквентних опсјега, одређује се вриједност фактора удара спектра регистрованих вибрација према изразу:

$$f_c = \frac{a_{\max}}{a_{i, \max}} \quad (2)$$

гдје је  $f_c$  фактор удара,  $a_{\max}$  максимална вриједност убрзања регистрованог током мјерења,  $a_{i, \max}$  ефективно убрзање трећинско-октавног фреквентног опсјега унутар којег се налази период осциловања са максималном регистрованом вриједношћу убрзања. За процјену утицаја вибрација на радну способност оператера у случају да фактор удара није већи од 9, према стандарду ISO 2631-1, мјеродавно је ефективно убрзања. Вриједност ефективног убрзања спектра регистрованих вибрација одређује се на основу претходно одређених ефективних убрзања трећинско-октавних фреквентних опсјега. С обзиром да утицај вибрација унутар различитих трећинско-октавних фреквентних опсјега на људски организам није исти то се при одређивању ефективног убрзања спектра регистрованих вибрација, вриједности ефективног убрзања појединих трећинско-октавних фреквентних опсјега коригују одговарајућим тежинским коефицијентима, прописаним стандардом ISO 2631-1:

$$a_b = \left[ \sum_{i=1}^n (v_i \cdot a_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

гдје је  $a_b$  ефективно убрзања спектра регистрованих вибрација,  $v_i$  тежински коефицијент  $i$ -тог трећинско-октавног фреквентног опсјега.

Код вибрација са максималним вриједностима убрзања које се јављају као последица краткотрајних ударних вриједности за процјену утицаја вибрација на људско здравље се користи, тзз., VDV вриједност која је знатно осјетљивија на ударне вриједности вибрације од ефективног убрзања. VDV вриједност за фреквентни опсјег ширине једне трећине октаве се одређује према изразу:

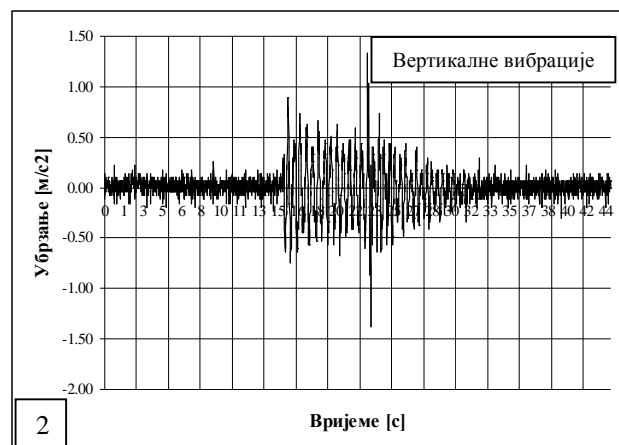
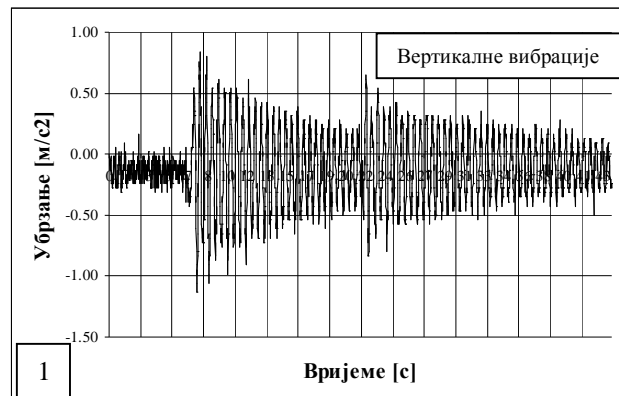
$$VDV_i = \left[ \int_0^{\tau_i} a_i^4(t) \cdot dt \right]^{\frac{1}{4}}, \quad i = \overline{1, n} \quad (4)$$

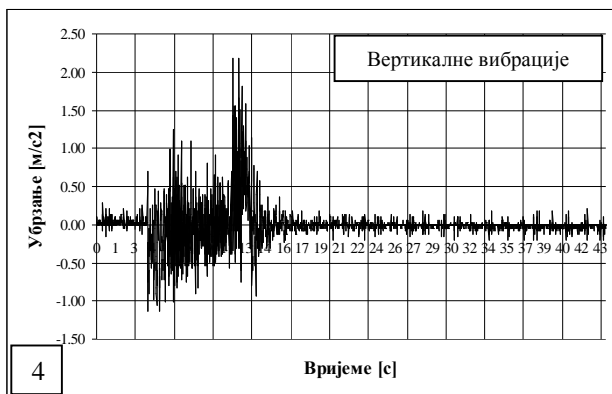
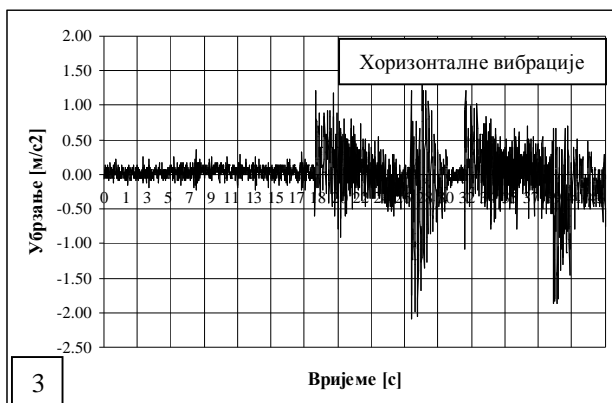
Овај додатни критеријум за процјену утицаја вибрација на људско здравље се користи уколико је испуњен следећи услов:

$$\frac{VDV}{a_v \cdot \tau^{\frac{1}{4}}} > 1.75 \quad (5)$$

### 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

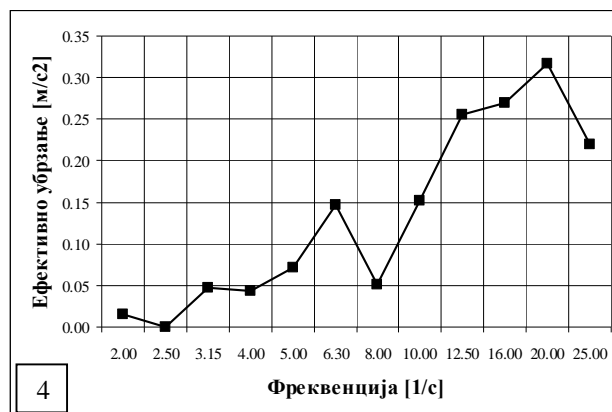
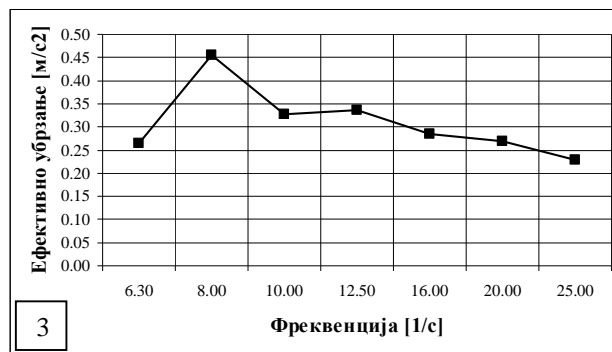
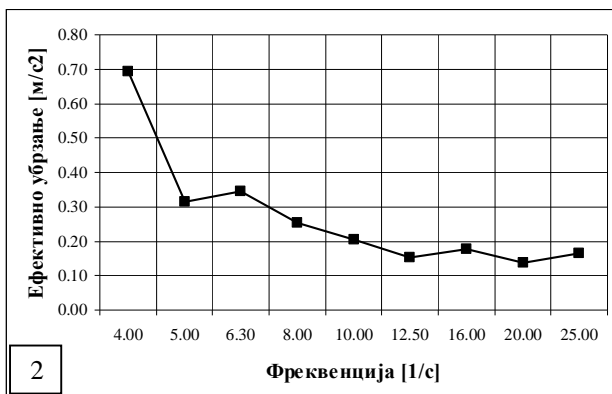
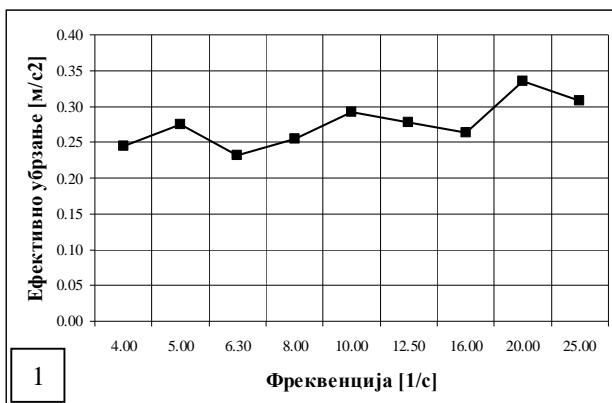
Убрзања вибрација мосне дизалице су регистрована у репрезентативним радним режимима дизалице. Током истраживања дизалица је била оптерећена теретом од 4 t који представља 80% носивости дизалице. Сензори убрзања којим су регистроване хоризонтална и вертикална убрзања вибрација дизалице су били фиксирани за сједиште руковаоца дизалице. На слици 3 је приказан дио резултата истраживања вибрација дизалице у следећим радним режимима: 1-постепено подизање терета са тла, 2-постепено спуштање терета на тло, 3-вожња са теретом и 4-нагло спуштање терета уз удар о тло.





Сл.3. Резултати мјерења вибрација мосне дизалице

Ефективна убрзања фреквентних опсјега ширине једне трећине октаве вибрационих спектра мосне дизалице, приказаних на слици 3, одређена трећинско-октавном анализом према стандарду ISO 2631-1 су дати на слици 4.



Сл.4. Ефективна убрзања фреквентних опсјега ширине једне трећине октаве

Вриједности фактора удара спектра регистрованих вибрација приказаних на слици 3, редом износе  $f_{c1}=3.32$ ,  $f_{c2}=7.76$ ,  $f_{c3}=7.74$  и  $f_{c4}=8.74$ . С обзиром да је вриједност фактора удара спектра регистрованих вибрација мања од 9, мјеродавна величина за процјену утицаја вибрација на радну способност оператера дизалице је ефективно убрзање спектра регистрованих вибрација. Вриједности ефективног убрзања спектра регистрованих вибрација за изабране радне режиме дизалице редом износе  $a_{v1}=0.72 \text{ m/s}^2$ ,  $a_{v2}=0.92 \text{ m/s}^2$ ,  $a_{v3}=0.18 \text{ m/s}^2$  и  $a_{v4}=0.10 \text{ m/s}^2$ .

На основу вриједности ефективног убрзања спектра вибрација регистрованих у изабраним радним режимима дизалице одређена је гранична вриједност временске изложености људског организма дејству спектра вибрација изнад које је потребно предузимање одређених превентивних мјера у циљу смањења ефеката вибрација, као и гранична вриједност временске изложености људског организма дејству спектра вибрација изнад које се људски организам не смије излагати дејству спектра регистрованих вибрација због опасности од губитка радне способности. Одређене граничне вриједности временске изложености дејству вибрација су дате у табели 1.

Таб.1. Граничне вриједности дозвољене временске изложености дејству вибрација

Спектар вибрација	1	2
Временски опсег [h]	3.5÷12	2÷6
Спектар вибрација	3	4
Временски опсег [h]	Неограничено	Неограничено

Описно је процјењен и утицај спектра вибрација регистрованих у изабраним радним режимима дизалице на радну удобност оператора дизалице. Резултати ове процјене су дати у табели 2.

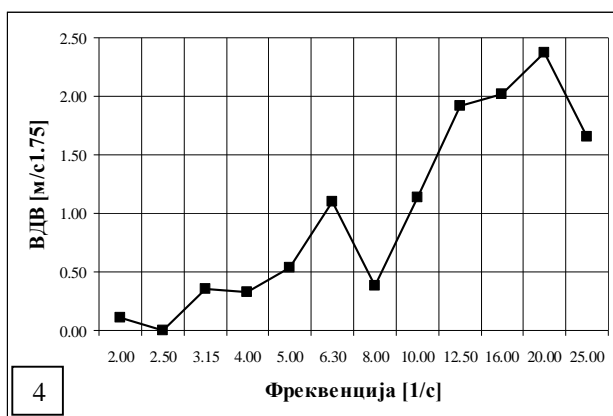
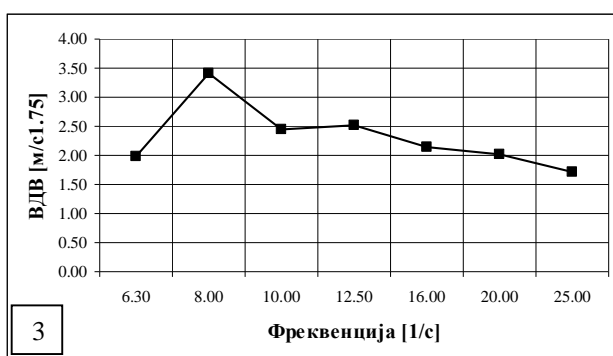
Таб.2. Процјена радне удобности оператора изложеног дејству спектра вибрација

Спектар вибрација	1	2
Радна удобност	Прилично неудобно	Неудобно
Спектар вибрација	3	4
Радна удобност	Није неудобно	Није неудобно

VDV вриједности фреквентних опсега ширине једне трећине октаве вибрационих спектра мосне дизалице, приказаних на слици 3, такође су одређене трећинско-октавном анализом према стандарду ISO 2631-1 како би се испитиване вибрације оцјениле и према овом додатном критеријуму. На основу добијених VDV вриједности се показало да критеријум (5) задовољавају само вибрације дизалице које су регистроване за радне режиме 3 и 4. Добијене вриједности критеријума (5) за ова два радна режима износе:

$$\frac{VDV_3}{a_{v3} \cdot \tau_3^{\frac{1}{4}}} = 2.2 \text{ и } \frac{VDV_4}{a_{v4} \cdot \tau_4^{\frac{1}{4}}} = 13.6$$

Стога су на слици 5 приказане VDV вриједности само за ова два радна режима.



Сл.5. VDV вриједности фреквентних опсега ширине једне трећине октаве

Због релативно ниских вриједности ефективног убрзања вибрација одређеног за радне режиме 3 и 4 оцјена

вибрација извршена према допунском критеријуму не доводи до промјене оцјене добијене према основном критеријуму. Допуштено вријеме излагања вибрацијама за све радне режиме не указује на могућност појаве замора и опадање радне способности руковаоца дизалице. Услови радне удобности су међутим окарактерисани у распону од услова који нису неудобни до услова који су прилично неудобни. Дакле, ни за један од радних режима радни услови нису класификовани као удобни за рад, а разликују се само по нивоу неудобности.

Максимална величина ефективног убрзања вибрација је регистрована у режиму спуштања терета и то у трећинско-октавном опсегу са централном фреквенцијом од  $4 \text{ s}^{-1}$ . Дакле, најизразитије радне вибрације дизалице су у области ниских фреквенција које су једнаке сопственој фреквенцији кичменог стуба. Овакве вибрације, већих амплитуда, као и принудни сједећи положај оператора дизалице могу узроковати дегенеративне промјене на кичменом стубу. Бол у доњем дијелу кичменог стуба је карактеристичан резултат наведених промјена.

#### 4.ЗАКЉУЧАК

Добијени резултати не указују на то да вибрације дизалице доводе до појаве замора и губитка радне способности оператора дизалице, али показују да доводе до радних услова које карактерише смањење радне удобности, као и да су максималне вибрације дизалице у области сопствених вибрације кичменог стуба. Све ово указују на потребу даљих истраживања вибрација мосне дизалице у изабраним радним режимима под пуним оптерећењем како се би додатно расвјетлио утицај вибрација дизалице на радну способност и удобност оператора дизалице.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] BONGERS P.M, BOSHIJZEN H.C, HULSHOF C.T.J, KOERNEESTER A.P, *Izloženost vibracijama i oboljenja donjeg dijela kičmenog stuba rukovaoca mosne dizalice*, International Archive of Occupational and Environmental Health, br. 60, str.129-137, 1988.
- [2] BONGERS P.M, BOSHIJZEN H.C, HULSHOF C.T.J, KOERNEESTER A.P, *Dugotrajna bolovanja usled oboljenja donjeg dijela kičmenog stuba rukovaoca mosne dizalice izloženih dejstvu vibracija koje djeluju na čitavo tijelo*, International Archive of Occupational and Environmental Health, br. 61, str. 59-64, 1988.
- [3] ISO 2631-1 "Mehaničke vibracije i udari –Procjena ljudske izloženosti dejstvu vibracija koje djeluju na čitavo tijelo", ISO, Ženeva, 1997.
- [4] ISO 266 "Akustika. Standardne frekvencije", ISO, Ženeva, 1997.
- [5] GRIFFIN M.J, *Priručnik o vibracijama koje djeluju na ljudsko tijelo*, Academic Press, London, 1990.