

ОЦЕНА ВИБРОУДОБНОСТИ АКТУЕЛНИХ RCV ВОЗИЛА

*Мр Горан Радоичић,
ЈКП „Медиана“ Ниш*

*Проф. др Миомир Јовановић,
МашиНСКИ факултет у Нишу*

*Проф. др Драган Цветковић,
Факултет заштите на раду у Нишу*

Резиме

Истраживање се бави утицајем технологије и изведених техничких решења на појаву осцилаторног кретања структуре која у току процеса рада угрожава удобност возача и посаде возила за сакупљање отпада. Рад упоређује савремене и некадашње технологије и даје правце даљег побољшања виброудобности техничких решења ових возила. Испитивање виброудобности у раду засновано је на утврђивању амплитудних спектра убрзања вибрација у правцу координатних оса у реалним условима рада возила на сакупљању отпада.

Кључне речи: осцилаторно кретање, виброудобност, возило за сакупљање отпада

1. УВОД

Возило за сакупљање чврстог комуналног отпада (*refuse collection vehicle*, у даљем тексту RCV) садржи механизме за: утовар, редукацију запремине и истовар отпада, и представља савремени вибро-активни технички систем. Осцилаторно кретање, изазвано радом свих наведених механизма као и погонских механизма возила (мотор, систем трансмисије), дејствује на посаду, односно опслужеоце возила у форми временске таласне функције. Лице које је најдуже изложено утицају осцилаторног кретања механичких система на возилу (често и више од 8 часова непрекидно) јесте возач. Остатак посаде RCV чине радници на утовару отпада и они су повремено изложени дејству вибрација. Услед дуготрајне изложености вибрацијама могући су разни поремећаји

здравља, који се код возача манифестују кроз болове у: леђима, врату, рукама и кичменом стубу.

Поред маса, пригушења и крутости елемената структуре, као и спољашњих пубудних сила, на осцилаторна кретања код RCV утиче и техничко-технолошко решење возила, које може припадати двома основним категоријама: возилима са праволинијским потискивањем отпада у сандуку (потисна плоча) и возилима са ротационим сабијањем отпада (хидраулични ротациони бубањ) [3]. Истраживање у овом раду односи се на одређивање вибрације код возила са механизмом за ротационо сабијање отпада, за које се, на бази искуства, сматра да постоји нижи степен вибро-удобности.

2. ДЕФИНИСАЊЕ ПРИСТУПА У ИСТРАЖИВАЊУ ВИБРОУДОБНОСТИ RCV

Возач RCV је у току управљања возилом изложен комплексном утицају осцилаторног кретања елемената структуре преко четири контактна места, и то: седишта, точка управљача, ручице мењача и ножних команди. Енергија осцилујућих елемената структуре преноси се на возача путем вибрација које се, према утицају на делове тела, разврставају у две основне категорије: сегментне вибрације и вибрације читавог тела. Посредством седишта преносе се вибрације на цело тело у седећем положају (*whole body vibration*, у даљем тексту WB вибрације). Према стандардима ЕУ, вредност WB вибрација, изнад које се субјекти не смеју изложити у току 8-часовног дневног рада, износи 1,15 m/s² (ЕЛ вредност), док акциона вредност изложености у истом трајању, изнад које послодавац мора предузети одређене превентивне мере, износи 0,5 m/s² (ЕА вредност) [2]. Најчешће сегментне вибрације јављају се при експозицији еластичне везе рука-раме осцилаторног кретању точка управљача (*hand-arm*, у даљем тексту НА вибрације). Сегментне вибрације, које се преносе путем ножних команди и ручице мењача, нису од посебног значаја јер је изложеност у ова два случаја повремениа и краткотрајна (искуствена норма). ЕЛ вредност НА вибрација, изнад које се радници (возачи) не смеју изложити у току 8-часовног дневног радног времена, износи 5 m/s², а ЕА акциона вредност изложености у истом трајању износи 2,5 m/s² [2].

За одређивање изложености дејству вибрација примењује се више метода: дијаграм дневне изложености, номограм дневне изложености, табела тачака изложености (*exposure points table*). Изложеност вибрацијама A_i ($i=x,y,z$) у три основна правца простирања (сл.1), у зависности од броја различитих функција које се обављају у току расположивог радног времена, може се израчунати помоћу једначина (1-3). У случају да субјект (возач) извршава само једну врсту посла, парцијалне вибрације износе (1):

$$\begin{aligned} A_x(8) &= k \cdot a_{wx} \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}}, A_y(8) = k \cdot a_{wy} \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}}, \\ A_z(8) &= k \cdot a_{wz} \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где су:

a_{wx}, a_{wy}, a_{wz} [m/s²] – измерена убрзања у три правца,
 T_{exp} [h] – време изложености вибрацијама у току рада,
 T_0 [h] – референтно 8-часовно радно време,

$k = \begin{cases} 1,4 & - x, y \text{ правац} \\ 1 & - z \text{ правац} \end{cases}$ – мултипликациони фактор.

Парцијалне вибрације, под условом да се у току радног времена обавља више различитих послова, за i -ти посао или i -ту радну машину у сваком од правца износе (2):

$$A_{x,i}(8) = k \cdot a_{wx} \sqrt{\frac{T_{exp,i}}{T_0}}, A_{y,i}(8) = k \cdot a_{wy} \sqrt{\frac{T_{exp,i}}{T_0}},$$

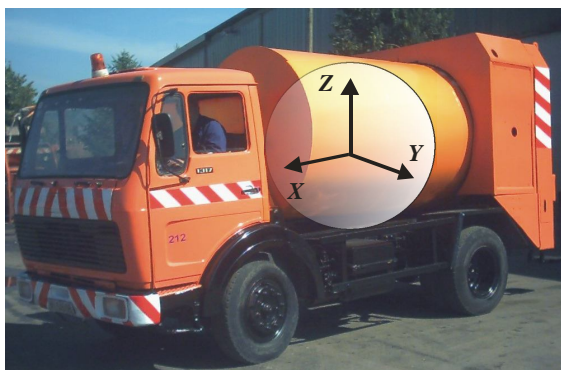
$$A_{z,i}(8) = k \cdot a_{wz} \sqrt{\frac{T_{exp,i}}{T_0}}. \quad (2)$$

Укупне вибрације за сваку од оса (j) износе (3):

$$A_j(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^n A_{ji}(8)^2}, \quad (3)$$

при чему је n – укупан број различитих радних задатака или машина. Остале величине имају исто значење као у једначинама (1).

Дневну изложеност вибрацијама [m/s²] представља највећа од израчунатих вредности: A_x, A_y, A_z (1), односно A_j (3) коју затим треба упоредити са дозвољеним вредностима вибрација EA и EL.



Сл. 1. Основни правци простирања вибрација

Дневна изложеност WB вибрацијама се може израчунати и према дози вибрација VDV (vibration dose), основне јединице [m/s^{1,75}], и не сме бити већа од EA=9,1 m/s^{1,75}, односно EL=21 m/s^{1,75}, према: (4) – када се ради о изложености при обављању само једног посла, (5,6) – ако је реч о више послова.

Парцијалне дозе вибрација за три глобална правца су:

$$VDV_{exp,x} = 1,4 \cdot VDV_x \left(\frac{T_{exp}}{T_m} \right)^{1/4},$$

$$VDV_{exp,y} = 1,4 \cdot VDV_y \left(\frac{T_{exp}}{T_m} \right)^{1/4}, \quad (4)$$

$$VDV_{exp,z} = VDV_z \left(\frac{T_{exp}}{T_m} \right)^{1/4}.$$

У једначини (4) фигуришу:

T_m [h] – време трајања мерења,

T_{exp} [h] – дневно трајање изложености вибрацијама.

Ако је реч о изложености при обављању више послова ($i=1 \div n$) у току рада онда се доза вибрација израчунава помоћу једначина (5,6):

$$VDV_{exp,x,i} = 1,4 \cdot VDV_x \left(\frac{T_{exp,i}}{T_m} \right)^{1/4},$$

$$VDV_{exp,y,i} = 1,4 \cdot VDV_y \left(\frac{T_{exp,i}}{T_m} \right)^{1/4}, \quad (5)$$

$$VDV_{exp,z,i} = VDV_z \left(\frac{T_{exp,i}}{T_m} \right)^{1/4}.$$

Укупна дневна доза вибрација за сваку осу (j) износи:

$$VDV_j = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^n VDV_{j,i}^4} \quad (6)$$

Дневну дозу вибрација [m/s^{1,75}] представља највећа добијена вредност $VDV_{exp,j}$ (5), односно VDV_j (6) коју затим треба упоредити са дозвољеним вредностима дозе вибрација EA и EL.

Значајан број међународних стандарда уређује област механичких вибрација путем: упутстава о мерењу и израчунавању WB вибрација [6,7] лабораторијских метода за процену вибрација седишта возила [8], метода за смањење ризика од вибрација при инжењерском дизајнирању механизације [9], итд.

3. ИСПИТИВАЊЕ И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

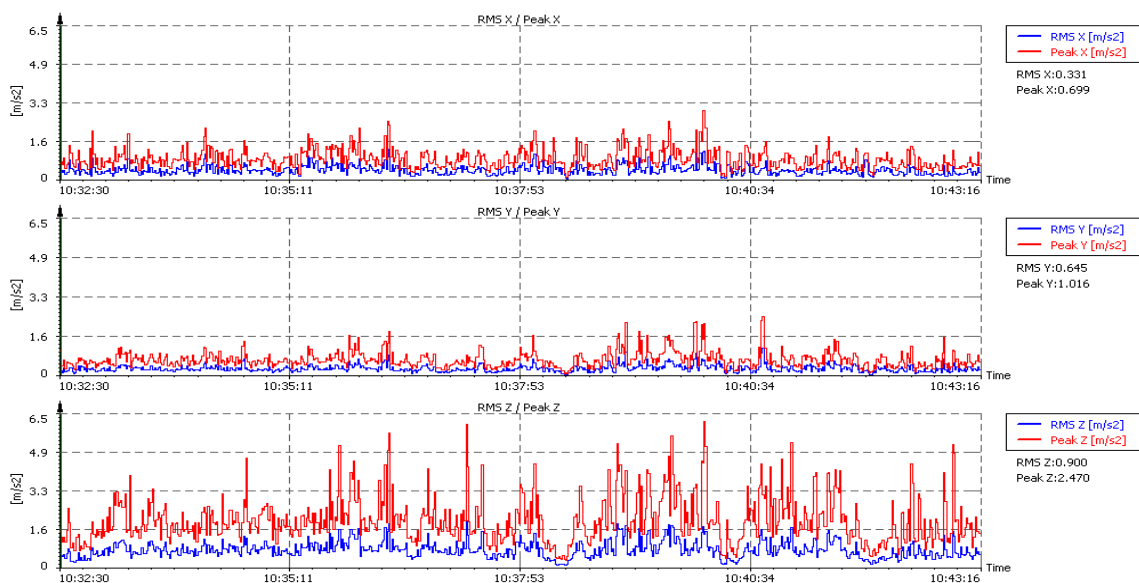
За процену изложености возача RCV вибрацијама, неопходно је претходно дефинисати садржај његовог дневног ангажовања. Две основне варијанте употребе возила су: 1) употреба само једног возила, 2) замена возила у току рада. Такође, присутна су два приступа у раду са отпадом: 1) јединствени третман отпада, 2) подела третмана отпада на више парцијалних функција (уговар, сабијање у циљу смањења запремине, транспорт, истовар). У овом раду посматра се третман отпада као обједињена функција свих парцијалних функција, што значи да ће се истраживање вибрација односити на случај изложености при једном радном задатку возача RCV – управљању само једним типом возила у функцији дневног „третмана отпада“.

Целовито истраживање се односило на испитивање вибрација у неколико радних режима RCV. Овај рад ће се задржати на испитивању вибрација у WB моду у реалним условима рада возила, односно у процесу сакупљања отпада у регуларном дневном радном циклусу. Мерно место представља седиште возача RCV. Објекат испитивања је специјално возило за сакупљање отпада типа хидрауличног ротационог бубња на основи ФАП 1921, старости 9 година, у власништву комуналног предузећа „Медиана“ из Ниша. Мерење се састоји из два мерна процеса и то: 1) процеса сакупљања отпада (садржи: излазак возила из базе комуналног предузећа, рад на сакупљању отпада у граду, транспорт отпада до места одлагања и истовар отпада), 2) процеса повратка празног возила у базу предузећа. Укупно трајање испитивања износило је 3,12 часова. Временска константа мерења износила је 1 sec.

За испитивање вибрација у овом истраживању коришћена је мерна опрема Brüel & Кјæг (сл.2) подржана софтвером BZ56.23.ver.2.0.0 (сл.2-поз.4). У саставу подметача (сл.2-поз.7) налази се акцелерометар за мерење убрзања у правцу координатних оса x , y , z . Након калибрације (сл.2-поз.8) измерене величине се читавају на инструменту (сл.2-поз.1). Пратећа опрема такође је приказана на сл.2 (поз:2,3,5,6).



Сл. 2. Мерна опрема

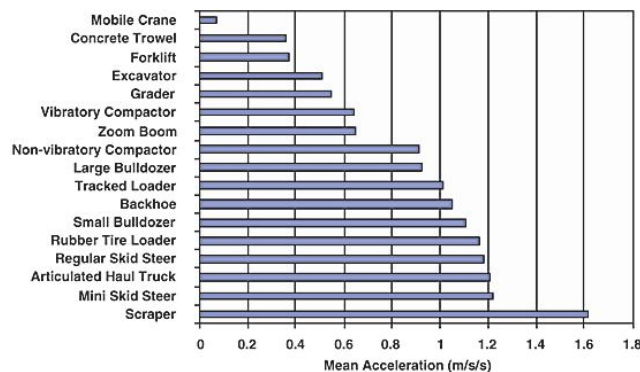


Сл. 3. Амплитудни спектри убрзања друге фазе мерења („повратак возила у базу“)

4. ЗАКЉУЧАК

Производња возила за масовну употребу условљена је захтевима стандарда у циљу ограничења вибро-активности. Стандардизација дефинише „оштрије“ захтеве у погледу вибро-удобности у последњих 20 година. Код возила се временом смањује техничка исправност, склопови и механизми добијају повећане зазоре, а сама конструкција губи чврстоћу услед оштећења структуре и старења материјала. Губитком ових својстава, возила губе и удобност (тине и виброудобност). Посебно је то изражено код групе мобилних транспортних машина, чији је један од представника и возило за сакупљање отпада.

Прва фаза мерења (сакупљање смећа у реалним условима), у трајању од 2,94 часа, није указала на постојање убрзања већих од прописаних, мада се дневна изложеност вибрацијама, за пројектовани период од 8 часова рада, приближава прописаној вредности акционог убрзања $A(8)=0,425 \text{ m/s}^2 < 0,5 \text{ m/s}^2$. Друга фаза мерења (повратак празног возила у базу у реалним условима) трајала је знатно мање, свега 0,18 часова, и указала је на постојање нешто израженијих акционих вредности убрзања за осмочасовну и четворочасовну експозицију у односу на прву фазу ($A(8)=0,841 \text{ m/s}^2 < 0,5 \text{ m/s}^2$; $A(4)=0,594 \text{ m/s}^2 < 0,5 \text{ m/s}^2$). Кретање објекта мерења – возила подложно је утицају пута (неравнина на путу), начину и брзини вожње, као и старости самог возила. Проблем повећаних вибрација израженији је при кретању празног у односу на пуно возило, што може значити да мања укупна маса возила има и мање пригушење осциловања. Вредности убрзања седишта возача RCV, у обе фазе мерења, нису прелазиле граничну вредност дневне осмочасовне експозиције ($1,15 \text{ m/s}^2$). На сл.3 приказани су амплитудни спектри убрзања у правцу координатних оса за фазу мерења „повратак возила у базу“.

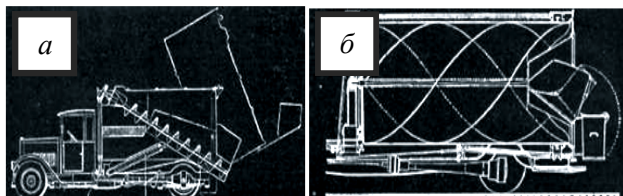


Сл. 4. Вредности вибрација при изложености читавог тела раду различитих врста мобилне опреме

Према извору [5], највећа убрзања јављају се код машина за стругање асфалта (*scraper*) и износе око $1,6 \text{ m/s}^2$. Затим следи група машина са знатно мањим вредностима убрзања: мале комбиноване машине (*mini skid steer*) и тешки зглобни камиони тегљачи (*articulated haul truck*), са вредностима убрзања око $1,2 \text{ m/s}^2$, итд. Са друге стране, најмање вредности убрзања, у посматраној групи машина, имају мобилне дизалице (мање од $0,1 \text{ m/s}^2$).

Вредности убрзања RCV, у односу на машине из дијаграма са сл.4, налазе се у рангу: а) виљушкар (*forklift*) и машине за равнање бетона (*concrete trowel*), у првој фази мерења; б) вибрационог ваљка (*vibratory compactor*) и утоваривача са телескопском стрелом (*zoom boom*), у другој фази мерења.

На сл.5 приказана су два модела првобитних техничких решења RCV, са краја треће деценије 20. века [4], која се одликују механизмом за транспорт отпада унутар сандука у виду завојнице (а) и додатном функцијом сабијања отпада унутар ротационог бубња (б).



Сл. 5. Ранија решења RCV са завојним транспортером: а) за потискивање отпада, б) за сабијање отпада

Савремена техничка решења RCV омогућују знатно виши ниво комфора у односу на ранија, поготово када је у питању боравак посаде у кабини. Код некадашњих решења ових возила осећао се изузетно велики утицај осцилација које су долазиле споља, као производ кретања радних механизма, пре свих завојног транспортера отпада. Одсуство селекције отпада, и раније је утицало на повећање вибрација механизма за сабијање, нарочито ако би се у отпаду налазили изузетно крути предмети (метал, бетон и сл.). Такође, погонски уређаји били су робустнији и тежи, што је само по себи изазивало повећане вибрације у кабини.

Нови модели возила са ротационим сабијањем отпада треба да дају решења која ће омогућити: боље улежиштење ротационог бубња, примену бољих материјала за изолацију буке и вибрација, равномернији распоред маса на возилу, смањење хабања ротирајућих елемената надградње.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ЈОВАНОВИЋ, М, ЈОВАНОВИЋ, С, ЦВЕТКОВИЋ, Д, *Један концепт динамичког моделирања машинског система*, XVII YU Конференција "Бука и вибрације", Ниш, 2000. год.
- [2] Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration).
- [3] РАДОИЧИЋ, Г, *Специфичност критеријума за избор возила за сакупљање отпада*, Истраживања и

пројектовања за привреду, бр.21, ИССН 1451-4117 УДЦ 33, Београд, 2008. год.

[4] РАДОИЧИЋ, Г, *Кораџи у развоју комуналне хигијене - технологија сакупљања смећа кроз историју*, МедианаИнфо, бр.27-32, ИССН 1452-4813, Ниш, 2008-9.

[5] Construction Safety Association of Ontario, USA

[6] EN 14253, Mechanical vibration - Measurement and calculation of occupational exposure to whole-body vibration with reference to health - Practical guidance.

[7] European Committee for Standardization, Whole-body vibration - Guidelines for vibration hazards reduction - Part 2: Management measures at the workplace. CEN/TR 15172-2:2005

[8] International Organization for Standardization, Mechanical vibration (1992), Mechanical vibration - Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration - Part 1: Basic requirements. EN ISO 10326-1:1992

[9] European Committee for Standardization, Whole-body vibration - Guidelines for vibration hazards reduction - Part 1: Engineering methods by design of machinery. CEN/TR 15172-1:2005

[10] Vladić J., Babin N., Đokić R., Živanić D.: DETERMINATION OF DYNAMIC BEHAVIOUR FOR VERTICAL LOAD, XVIII International conference MHCL, 2006, Beograd, processing, pp. 93-96,

Напомена: Рад је урађен у оквиру пројекта бр. **35049** под називом „Теоријско-експериментална истраживања транспортних машинских система“ који је део програма Технолошког развоја Србије под покровитељством Министарства за просвету и науку Републике Србије.

EVALUATION OF VIBRATORY COMFORT ACTUAL REFUSE COLLECTION VEHICLES

*M.Sc.Eng. Goran Radoičić, PUC "Mediana" Niš
Prof. dr Miomir Jovanović, Faculty of Mech. Eng. - Niš
Prof. dr Dragan Cvetković, Faculty of Occ. Safety - Niš*

Summary

This research examines the influence of technology and derived technical solutions on the appearance of the oscillatory movement (vibration) of the structure that in the working process endangers the comfort of the driver and crew of refuse collection vehicles. The work compares the present and former technologies and provides directions for further improvements of vibratory comfort of technical solutions of these vehicles. Testing of vibratory comfort in the work is based on determining the amplitude specters of acceleration in the direction of the coordinate axes in real working conditions of waste collection vehicles.

Key words: oscillatory movement, vibratory comfort, refuse collection vehicle

Адреса за контакт:

Мр Горан Радоичић,
ЈКП „Медиана“ Ниш
18000 НИШ, Мраморска 10
E-mail: goran.radoicic@jkpmediana.rs