

НИВОИ ДНЕВНЕ ИЗЛОЖЕНОСТИ ВИБРАЦИЈАМА ВОЗАЧА ПРИ ОРАЊУ ТРАКТОРОМ ИМТ 539 DE LUXE

Бобан Цветановић¹, Петар Бекић², Миљан Цветковић³, Драган Перућ⁴,
boban.cvetanovic@vtsnis.edu.rs

РЕЗИМЕ:

Возачи пољопривредних трактора изложени су, током рада, многобројним штетним факторима, међу којима се налазе и вибрације. У питању су вибрације настале при радним режимима мотора трактора, у интеракцији са неравнинама терена, а преносе се, преко седишта, пода и команди до тела возача. Изложеност овим вибрацијама, у дужем периоду, може довести до озбиљних здравствених проблема. Зато је мерење и вредновање вибрација изузетно битно са аспекта развијања заштитних механизма. Мерење величина вибрација на трактору ИМТ 639 De luxe, домаћег произвођача трактора ИМТ, указао је на велике дневне нивое изложености вибрацијама, далеко од вредности прописаних законском регулативом. Ово значи да је неопходно предузети одговарајуће организационе и техничке мере како би се величине довеле у законом дозвољене границе, без обзира да ли се ради о професионалним возачима трактора или самосталним пољопривредним произвођачима.

Кључне речи: трактор, вибрације, мере заштите

THE LEVELS OF DAILY VIBRATION EXPOSURES AT IMT 539 DELUXE TRACTOR DRIVER WHEN PLOWING

ABSTRACT:

Drivers of agricultural tractors are exposed during operation, to a number of adverse factors, among which there are vibrations. This vibration comes from the engine operating modes, interacting with uneven terrain, and they are transmitted through the seat, floor and commands to the body of the driver. Exposure to these vibrations, in the long term, can lead to serious health problems. Therefore, the measurement and evaluation of vibration is extremely important in terms of developing safeguards. Measuring the size of the vibration of the tractor IMT 639 De Luxe, domestic tractor manufacturer IMT, indicated the high level of daily exposure to vibration, far from the values prescribed by the legislation. This means that it is necessary to take appropriate organizational and technical measures to put these values into legal limits, regardless of whether it is a professional tractor driver or independent farmer.

Keywords: tractor, vibration, protection measures

1. УВОД

Са развојем технике и технологија, у већим градовима, из године у годину се региструје сталан пораст нивоа буке и вибрација у човековој радној и животној средини. Може се, рећи да је у периоду најбржег успона технике (задњих 50 до 100 година), укупан ниво вибрација и буке забележио највећи пораст. Истраживања основних фактора "загађивања" околине у развијеним индустријским земљама, показују да бука и вибрације заузимају треће место, одмах иза загађења ваздуха и воде [1]. Људи су, константно, током својих свакодневних активности у радној и животној средини, изложени дејству вибрација. Ради се о принудним вибрацијама (*енг. forced vibration*)⁵ којима човек може бити изложен при психофизиолошком ангажовању као активан чинилац (возач, пилот, радник са виброалатом, тракториста итд.) или без психофизиолошког ангажовања (путник у превозном средству, радник у канцеларији, стану итд.) [2]. Вибрације које дејствују на човека (*енг. human vibration*), без обзира на извор вибрација, могу се поделити у две групе: вибрације целог тела

¹ Висока техничка школа струковних студија Ниш

² Висока техничка школа струковних студија Ниш

³ Факултет заштите на раду

⁴ Висока техничка школа струковних студија Ниш

⁵ Постоје и самопобудне вибрације (*енг. self-induced vibrations*) које долазе од покрета који су саставни део човековог свакодневног живота (пешичање, трчање, спортска активност...).

(*eng. whole body vibration*) и локалне или сегментне вибрације шака – рука (*eng. hand arm vibration*)¹. Дејство ових вибрација је и по природи и по здравственим ефектима на човека потпуно различито те се зато одвојено и проучавају. Према истраживању Европске агенције за безбедност и здравље на раду (EU-OSHA), сваки трећи радник у Европи изложен је некој врсти вибрација, било од алата, машина или возила, при чему је преко 10% свих радника вибрацијама изложено пуно радно време [3].

Вибрације целог тела су нискофреквентне механичке вибрације, које се од извора вибрација, преносе до целог тела примаоца. За ове вибрације, важнима се сматрају фреквенције у распону од 0,5Hz до 80Hz [4]. Слично звуку, могу бити пријатне или непријатне за онога ко их прима. У литератури се, вибрације целог тела, које су непријатне по примаоца, често, називају и лоше вибрације (*eng. bad vibration*)². Ради се о вибрацијама високих интензитета које су настале при раду алата, возила и машина, а које се, најчешће, на тело човека преносе преко доњег дела леђа, у случају седећег радног положаја или преко стопала у случају рада који се изводи стојећи.

Дејства вибрација на здравље човека су бројна, али се, често, због удружености вибрација са другим професионалним опасностима и штетностима, не може, потпуно јасно, успоставити узрочно-последична веза између дејства вибрација и оштећења здравља. Ипак, бројне студије и истраживања, показују да краћа, али константна, изложеност високим вредностима вибрацијама, може изазвати бол у стомаку и грудима, недостатак даха, мучнину, и вртоглавицу, док дуготрајна и константна изложеност може довести до поремећаја психомоторног, физиолошког и психолошког система радника. Поремећаји здравља се јављају постепено, обично после неколико година рада, на радним местима где су радници константно изложени овим вибрацијама [5].

Као једна од критичних делатности, у погледу изложености радника дејству ових вибрација, је и пољопривреда, а критична занимања су возачи и оператери пољопривредне механизације. Трактори, као једно од најчешћих средстава пољопривредне механизације, несумњиво су утицали на огромно повећање производности пољопривредних радова и директно олакшање, а негде и потпуно елиминисање физичког рада пољопривредних радника. Са друге стране, током својих свакодневних радних активности, возачи трактора, изложени су многобројним неповољним утицајима као што су бука, неадекватно извођење радних команди, атмосферске падавине, прашина, средства за заштиту биља, високе или ниске температуре, који имају комплексно штетно дејство на здравље човека и ефикасно обављање радних задатака. Као један од значајних штетних фактора појављују се и вибрације које, у зависности од терена и брзине којом се трактор креће, могу имати високе вредности са озбиљним последицама у погледу здравља возача. Поједине студије указују да је око 10% свих возача трактора у свету, током осмочасовног радног времена, изложено изузетно високим нивоима, док у случају дужег радног дана тај проценат расте на 27%. Чак 95% свих возача трактора, током радног дана од 8 часова, изложено је повишеним нивоима вибрација [6].

Штетно дејство вибрација нарочито је изражено код старијих трактора код којих не постоји ефикасан систем амортизовања вибрација и удараца јер су прављени са простим вешањем на предњој осовини и простим механичким седиштима [7]. Према подацима из 2012, у Републици Србији има 408.734 регистрованих трактора чија је просечна старост између 15 и 20 година, са малом надом да ће се старосна структура у будућности променити С обзиром да је преко 98% трактора у Србији у приватном власништву, са годишњим коришћењем од око 700 часова, као последицу имамо огроман број самосталних пољопривредних произвођача, који су као возачи трактора изложени високим вредностима вибрација, врло често преко дозвољених граница, о чему не постоји прецизна евиденција и статистика [8].

Рад се бави вредновањем нивоа изложености тела возача вибрацијама, током радног дана, код једног од најчешћих типова трактора на српским пољима, а то је трактор ИМТ 539 De luxe, српског произвођача машина и трактора ИМТ Београд. Мерења вредности интензитета вибрација целог тела,

¹ Поједини аутори у класификацији вибрација тј. људског одговора на њихово деловање, дају још и мучнину у току возње (*eng. motion sickness*) и тзв. ударне вибрације (*eng. impact vibration*) које представљају појединачне ударе (нпр. при удару чекића у ексер или секуре у дрво)

² У терапеутске сврхе и за потребе одговарајућих тренинга, а у циљу постизања одређених користи по здравље примаоца, у контролисаним условима, могу се створити и тзв. добре вибрације целог тела (*eng. therapeutic whole body vibration*). Принципијелна разлика између терапеутске и нежељене вибрације је у томе што се пожељна вибрација примењује у кратком периоду (неколико минута), са малим интензитетом и без великих скокова вредности (тзв. шокова). Вибрације се користе и приликом неких технолошких поступака, нпр. за попуштање заосталих напрезања након ливења, код опреме као што су вибрацијска сита или код специфичних машина као што је вибро ваљак.

извршена су је 21.12. 2013.г, на подручју општине Зајечар (село Мали Извор), на приватној парцели. Циљ рада је да укаже на проблем штетног деловања вибрација на здравље возача трактора, као и да понуди неке од мера за смањење или потпуно елиминисање високих вредности изложености вибрацијама.

2. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ВИБРАЦИЈА КОД ТРАКТОРА

При кретању трактора у пољским условима или условима друмског саобраћаја, његова структура и агрегати изложени су сложеним осцилаторним процесима- вибрацијама, проузрокованим дејством неравнина тла у интеракцији са радним режимима погонског агрегата мотора. Вибрације, које настају у једном тако сложеном систему, као што је трактор, преносе се до тела руковаоца на три основна начина:

- преко седишта, при чему се изазивају вибрације целог тела руковаоца,
- преко ручних команди и точка управљача, при чему изазивају вибрације горњих екстремитета руковаоца,
- преко ослонаца и пода кабине, као и ножних команди, при чему изазивају углавном локалне вибрације доњих екстремитета руковаоца.

Спектар фреквенција вибрација на трактору је врло различит и креће се од веома ниских $1\div 50\text{Hz}$ (вибрације кабине, точка управљача, подужне вибрације трактора, резонанца точкава и др.), средњих фреквенција $100\div 1000\text{Hz}$ (вибрације трансмисије, издувног система, механичка и гаснодинамичка струјања у усисном и издувном систему и др.) и високих фреквенција $1000\div 5000\text{Hz}$ (вибрације мотора проузроковане процесом сагоревања, механичке буке и др.). Са аспекта негативног дејства на људско тело, нарочито су значајне вибрације фреквенција од 1Hz до 50Hz због могућег поклапања са фреквенцијама осциловања већине делова људског тела и појаву резонансе. Када се говори о интензитету треба рећи да вршне (максималне) вредности иду до $2\cdot g$, па и више, у зависности да ли трактори имају системе еластичног ослањања или не [9].

3. МЕТОД РАДА

У мерењу је коришћен трактор ИМТ 539 De luxe. Трактори серије 539 и његова побољшана верзија 539 De luxe, почели су да се производе још седамдесетих година прошлог века у фабрици Индустрија машина и трактора - ИМТ Београд. Овај универзални трактор је и данас најзаступљенији модел у производном програму ИМТ. Код ових трактора задњи мост је фиксни, док је предњи клатећи и немају огибљење кабине или осовина. Улогу еластичног ослањања имају пнеуматици, док се удобност возача покушава обезбедити механичким седиштем.

Трактор коришћен у мерењу, произведен је 1990.године, а у тренутку мерења имао је 1300 радних сати (слика 1). Возач је имао 95kg, висину 195cm и десетогодишње искуство у манипулисању трактором.



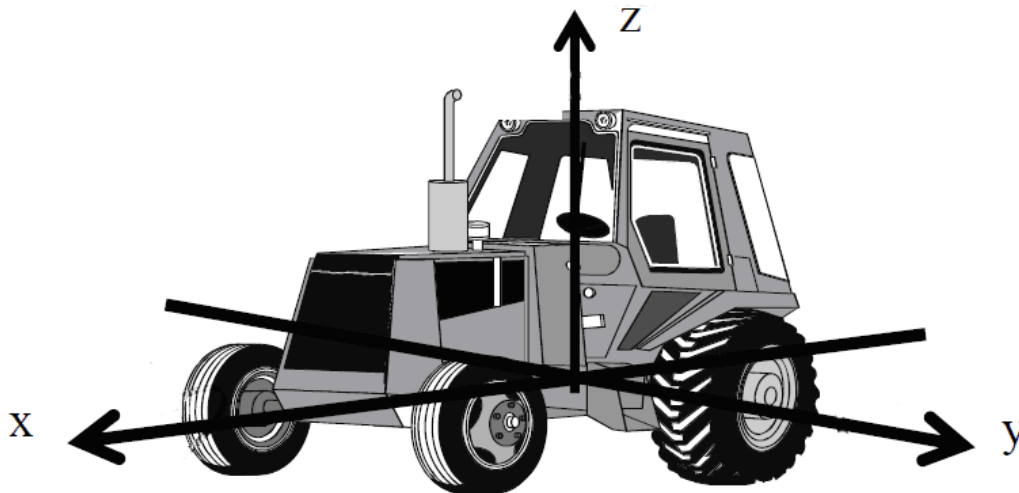
Слика 1. ИМТ 539 De luxe

За мерење вибрација коришћен је апарат за мерење хуманих вибрација фирме Brüel & Кјær тип 4447, при чему се акцелерометар са подлогом налазио на седишту возача (слика 2).



Слика 2. Мерна опрема

Вредности вибрација (r.m.s. убрзања) мерене су у три ортогонална мерна правца: z-правац (вертикалан), x-правац (уздужни) и y-правац (бочни) (слика 3).



Слика 3. Дефинисање ортогоналних мерних правца

Трактор је обављао пољопривредну операцију орање, на дубини од 25cm. Мерење вибрација је трајало 25 минута, а ниво дневне изложености возача вибрацијама $A(8)$, нормиран је с обзиром на осмочасовно радно време. То значи да је анализа вршена као да је радник преостало време до осмочасовне смене (7h и 35min), провео у другим активностима, а не возњи. Добијене вредности упоређене су са максимално дозвољеним законским вредностима, које су у Европској Унији прописане Директивом о вибрацијама 2002/44/ЕС [10]. Република Србија је правилником о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању вибрацијама, пребацила Директиву 2002/44/ЕС у своје законодавство. У случају дневне изложености вибрацијама које се преносе на цело тело, наведене су дневна гранична вредност изложености (енг.exposure limit value-ELV) која не сме бити прекорачена у професионалним условима и износи $1,15\text{m/s}^2$, те дневна упозоравајућа вредност изложености (енг.exposure action value-EAV) изнад које су послодавци дужни контролисати ризике произашле из вибрација и износи $0,5\text{m/s}^2$.

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Након измерених вредности вибрација (табела 1), срачунати су нивои изложености возача (табела 2), коришћењем одговарајућег софтвера [11].

Табела 1. Величине измерених вибрација

Тип трактора	Дужина мерења-вожње [h:min]	Просечно r.m.s. убрзање [m/s ²]			
		X	Y	Z	Оса са највишом вредношћу
ИМТ 539 De luxe	0:25	8,942	9,231	3,147	Y

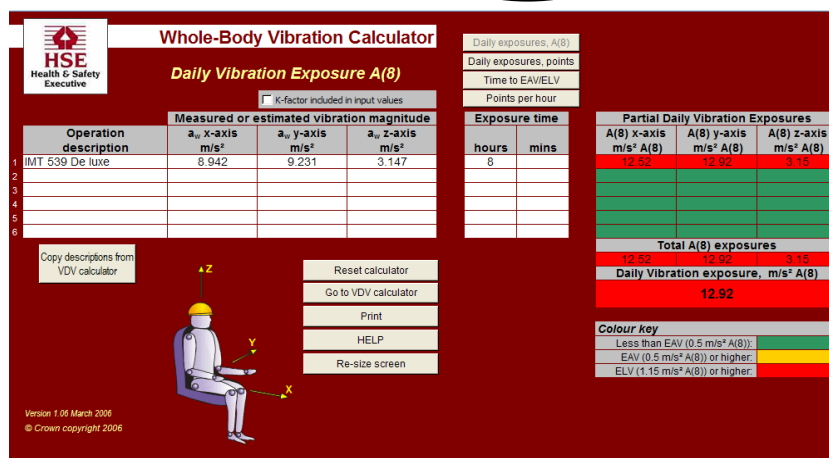
Табела 2. Нивои дневне изложености

Тип трактора	Парцијални дневни нивои изложености [m/s ²]			Дневни ниво изложености A(8) m/s ²	Време до ЕАВ [h:min]	Време до ЕЛВ [h:min]
	A(8) X оса	A(8) Y оса	A(8) Z оса			
ИМТ 539 De luxe	2,86	2,95	0,72	2,95	0:00	0:03

Добијени резултати дневне експозиције показују, да код возача овог типа трактора, при орању, постоји ризик по здравље од вибрација које се простиру целим телом. Иако је мерење вршено само у минималном периоду од 25 минута, нивои изложености су осетно прекорачили максимално дозвољене границе. Са оваквим вредностима вибрација, возач би смео да вози само 3 минута јер би за то време ниво изложености сведен на осмочасовно време достигао максимално дозвољену вредност. Посебно забрињавајуће је што возач на трактору, углавном, обавља пољопривредне операције дуже од 4 сата, а у пољопривредној сезони и дуже од 8 часова. У случају да радник, са оваквим режимом рада (оваквим интензитетима вибрација) обавља орање пуну смену од 8 часова, вредности би биле десет пута веће од максимално законски дозвољених (табела 3, слика 4).

Табела 3. Нивои дневне изложености за различите периоде рада

Време орања	Дневни ниво изложености A(8) m/s ²
1h	4,57
4h	9,14
8h	12,92



Слика 4. Програм за срачунавање дневних нивоа изложености вибрацијама целог тела

Код оваквих нивоа дневне изложености рад би морао бити обустављен док се одговарајућим техничким мерама вредности вибрација не доведу у дозвољене законске вредности. У овим случајевима неке од организационих мера, као што је чешћа замена возача, не би дала никакве резултате јер су допуштена времена рада (time to ELV или EAV) била сувише мала у поређењу са дужином смене возача у пољопривредној сезони.

Добијене вредности указале су на критичне нивое изложености у свим осама при чему је оса са највишим вредностима вибрација Y (лево – десно), затим X оса (напред – назад), док је у правцу Z осе (горе – доле) седиште смањило вредности вибрација испод вредности $1,15\text{m/s}^2$ (ELV).

Једно од решења за редукцију вредности вибрација и амортизацију евентуалних удара, у случају ИМТ трактора, је уградња савремених седишта са полуактивним или активним огибљењем. Ова седишта испуњавају оштре ергономске захтеве, а према тврдњама самих произвођача, могу смањити нивое вибрација чак до 75%. Остале техничке мере, као што је уградња огибљења-вешања на трактору (нпр. кабини) је економски неисплатива водећи рачуна о старости и вредности самих трактора.

5. ЗАКЉУЧАК

Мерења интензитета вибрација и вредновање нивоа дневне изложености возача, указују да су, старији типови ИМТ трактора, ризично средство рада са аспекта штетности од деловања вибрација целог тела. Чини се да је то логична последица старости самих трактора и податка да су дизајн и конструктивно извођење ових трактора настали пре 40 година када се ергономским захтевима није придавала превелика пажња. Застарело огибљење и седишта никако не могу да амортизују вибрације које настају при радним режимима, старих, дизел мотора који су уграђени у ове тракторе, а у интеракцији са неравнинама терена.

Не треба заборавити да на величину насталих вибрација, а нарочито њихово простирање, може утицати и субјективни фактор тј. сам возач. Квалитетан и искусан возач, који познаје могућности свог возила, а при томе је и информисан о штетностима вибрација, моћи ће, макар и минимално да утиче на редукцију тих штетности.

У случају испитиваног трактора ИМТ 539 De luxe, мера коју возач може предузети у циљу смањења екстремно високих нивоа изложености вибрацијама, је набавка одговарајућих јастука за седиште који су испуњени различитим материјалима и флуидима (вода, пена, ваздух, сунђер...). Ови јастуци смањују директан контакт између седишта тј. конструкције возила и тела возача. Друго решење је економски захтевније, а то је куповина новог квалитетног седишта са полуактивним огибљењем.

6. РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Ратко Узуновић, Заштита од буке и вибрација, Београд, 1997.
- [2] Цветковић, Д., Прашчевић, М. Бука и вибрације, Факултет заштите на раду, Универзитет у Нишу, 2008.
- [3] European Agency for safety and health at work, Workplace exposure to vibrations in Europe, an expert review, Belgium, 2008.
- [4] ISO2631-1 (1997). Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements. International Organization for Standardization. Geneva
- [5] Prokeš, B. I os., Possible health effects of vibration on tractor drivers and preventive measures. *Agricultural engineering*. Vol. 38, No. 3, 189-286,
- [6] Scarlett, A.J., et al-, Whole – body vibration: Evaluation of emission and exposure levels arising from agricultural tractors, *Journal of terramechanics* 44 (2007), 65-73.
- [7] Б.Цветановић, Д.Златковић, Evaluation of whole-body vibration risk in agricultural tractor drivers. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 19: 1161-1166, 2013. [8]
- [8] Nikolić R i os., Stanje i opremanje poljoprivrede mehanizacijom , *Traktori i pogonske mašine*, vol.17, No.5, p.6-21, 2012.
- [9] Petrović, P., Z. Bracanović, S. Vukas, 2005. Oscillatory appearance on agricultural of tractors. *Agricultural engineering*, Vol.30, No. 2, 15 – 23,
- [10] European Parliament and the Council of the European Union: Directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration), 2002., Official Journal of the European Communities, OJ L 177,13.
- [11] <http://www.hse.gov.uk/vibration/wbv/wbv.xls>