

МЕРЕЊЕ БУКЕ И ВИБРАЦИЈА У КАБИНИ ХЕЛИКОПТЕРА Ми-8

Ивица С. Стојановић

Војска Србије, 3. батаљон везе, Ниш

e-mail: s.ivica74@yahoo.com

ORCID iD:  <http://orcid.org/0000-0002-3286-1046>

DOI: 10.5937/vojtehg64-7714

ОБЛАСТ: заштита од буке и вибрација

ВРСТА ЧЛАНКА: стручни чланак

ЈЕЗИК ЧЛАНКА: српски

Сажетак:

Бука и вибрације представљају један од основних негативних елемената радне средине. Циљ овог истраживања био је да се мерењем утврди величина тог утицаја на пилота и чланове посаде хеликоптера. Добијени резултати упоређени су са упозоравајућим и граничним вредностима које су одређене постојећим директивама Европске комисије из области буке и вибрација. Упоредивањем резултата дошло се до закључка да су измерене вредности неприхватљиве са аспекта безбедности и здравља на раду и да премашују дозвољене. Мерењима је утврђено да постоји опасност од појаве професионалних обољења код чланова посаде и да је потребно предузимати мере за смањење штетног утицаја буке и вибрација на људство у хеликоптеру.

Кључне речи: *хеликоптер, директива, вибрације, бука, мерење.*

Увод

Бука и вибрације су саставни део свакодневног живота и део човековог окружења. Јављају се као пратилац многих животних активности, а њихово присуство је евидентно у готово свим сферама.

Предмет овог истраживања је сагледавање нивоа буке и вибрација које се стварају у кабини хеликоптера Ми-8 и утичу на посаду. Циљ истраживања је да се дође до резултата који ће показати да ли бука и вибрације у кабини хеликоптера прелазе дозвољене границе задате стандардима, да се завршна анализа поткрепи резултатима мерења и укаже на штетан утицај буке и вибрација на организам човека.

За мерења је одабран хеликоптер Ми-8 с обзиром на то да је овај тип хеликоптера најзаступљенији у Војсци Србије из категорије тзв. средњетешких хеликоптера и да се на њему обавља велики број сати лета. За потребе истраживања вршена су мерења буке и ви-

брација у кабини хеликоптера ради утврђивања да ли је погонски део хеликоптера извор негативног утицаја буке и вибрација у односу на пилоте и колики је тај утицај.

За оцену стања нивоа буке процену њеног штетног дејства на човека и предузимање најадекватнијих метода за смањење буке неопходно је располагати што потпунијим и што тачнијим информацијама о карактеристикама саме буке. До ових информација долази се мерењем карактеристичних величина буке у амплитудном, фреквенцијском и временском домену. Мерењима је неопходно одредити три основне карактеристике буке: јачину, фреквенцијски спектар и трајање буке.

Ради смањења нивоа буке у затвореном простору врши се акустичка обрада просторија. Правилна акустичка обрада заснива се на пројектовању и извођењу активности из домена избора материјала, примене специјалних конструкција и избора адекватних форми и облика.

Постоје три категорије вибрација којима је човек изложен. То су самопобудне, принудне вибрације при психофизиолошком ангажовању (вибрације којима је човек изложен у функцији оператора, на пример пилоти) и принудне вибрације без психофизиолошког ангажовања (вибрације којима је човек изложен независно од своје воље, на пример путник у превозном средству). Предмет овог истраживања су принудне вибрације при психофизиолошком ангажовању.

За квантитативну процену утицаја вибрација на људско тело извршена су бројна истраживања из којих су произашли многи стандарди и предлози, које је уредила међународна организација за стандардизацију.

Међу бројним стандардима који су значајни за праксу у области безбедности и здравља на раду најзаступљенији су: ISO 2631 (односи се на вибрације целог тела), ISO 5349 (односи се на вибрације система шака-рука) и ISO 8041 (прописује како треба да буде пројектована и класификована мерна опрема).

Осим процене штетног утицаја на безбедност и здравље људи, мерење вибрација може се користити као значајно дијагностичко средство. Мерење вибрација може знатно брже довести до дефектације квара и спречавања катастрофалних последица по људство и технику. Тренутна пракса одржавања хеликоптера у Војсци Србије захтева проверу рада и замену делова након испуњења прописаних временских или експлоатационих ресурса, што је скупа процедура одржавања хеликоптера. Решење овог проблема је развој система праћења исправности и коришћења (енгл. Health and Usage Monitoring Systems – HUMS) који служи за откривање почетних кварова на деловима хеликоптера, предвиђање преосталог века употребе и стварање услова за прелазак са одржавања заснованог на прописаној превентиви, на одржавање према стању (Kasin, et al., pp.6-8).

Утицај буке на људски организам

Бука је, према најчешће коришћеној дефиницији, сваки нежељени звук. Поред тога што има исте физичке карактеристике као и звук, разликује се од звука по томе што изазива и различите психофизиолошке ефекте (смета, узнемирава, угрожава) и штетна дејства по здравље човека. (Prašević, Cvetković., 2005, p.4)

Унутрашњост хеликоптера је затворен простор у којем се јавља вишеструка рефлексија звука од граничних површина.

Пријемник звука у затвореном простору изложен је дејству звука који долази директно од извора (директан звук) и звука који долази након вишеструке рефлексије (рефлектовани звук). Директни звук је једино завистан од извора и растојања и на њега не утиче величина затвореног простора, нити рефлектујућа моћ површина.

Рефлектовани звук јако зависи од величине затвореног простора и од апсорбујућих карактеристика граничних површина. Захваљујући вишеструким рефлексијама, снага рефлектованог таласа достиже ниво који зависи од апсорпционе моћи контрукције хеликоптера, као и од осталих рефлектујућих површина.

Основна карактеристика рефлектујућег звучног поља је време реверберације, а то је време потребно да интензитет звука опадне за 60 dB испод стабилног нивоа након искључења извора звука (Cvetković, Prašević, et al., 2005, p.182).

Време реверберације је значајан параметер за одређивање адекватних карактеристика говора у унутрашњости кабине хеликоптера. Од изузетног значаја је одржавање нивоа звука у границама у којима се посади омогућују безбедни, функционални и комфорни услови радне средине.

Од времена реверберације зависе разумљивост и квалитет звука у кабини хеликоптера. Како време реверберације дефинише време задржавања енергије звука у кабини, односно брзину „нестанка“ енергије након искључења извора, то значи да ће дуже време реверберације кабине узроковати дуже задржавање енергије у кабини. Дуже задржавање енергије у кабини утиче на смањење разумљивости говора. Према томе, дуже време реверберације смањује разумљивост говора, што може имати негативан утицај на рад посаде хеликоптера.

Утицаји буке на људе деле се на физиолошке и психолошке. Физиолошка дејства, и аудитивна и неаудитивна, изазивају промене у физиолошким механизмима или функцијама везаним за буку. Аудитивни ефекти директно утичу на периферни аудитивни систем и на слушни апарат. Излагање акустичкој енергији може изазвати и одређене неаудитивне ефекте, као што су: утицај на вестибуларни систем, на аутономни нервни систем, поремећај сна, изазивање замора, појава стреса.

Међутим, и ови неаудитивни ефекти, осим неколико изузетака, такође се преносе кроз аудитивни систем (Davis, et al., 2010, pp.110-141).

Бука не угрожава само здравље посаде хеликоптера већ утиче и на квалитет комуникације између чланова посаде. Бука изазива потенцијалне опасности по безбедност и функционисање летелице, умањујући ефективност и ефикасност комуникација, као и спречавајући да се аларми и остале поруке упозорења на време и тачно чују, приметите и приме.

Преглед физиолошких ефеката буке који је установила NASA (National Aeronautics and Space Administration) приказан је у табели 1 (Davis, et al., 2010, p.131), у којој је приказана листа различитих услова излагања у погледу звучног притиска, фреквентног опсега и дужи-не излагања, који изазивају одређени број нежељених ефеката.

Табела 1 – Физиолошки ефекти буке
Таблица 1 – Физиологические эффекты шума
Table 1 – Physiological effects of noise

Уочени ефекти	Услови излагања		
	Ниво звучног притиска (dB)	Спектар	Трајање
Смањена визуелна моћ, вибрације грудног коша, трзаји тела, промена ритма дисања	150	1–100 Hz	2 min
Рефлексни трзаји, гримасе, покривање ушију и потреба за спречавањем или бегом	100	-	Изненадна појава
Болови у ушима	135	20–2000 Hz	-
Болови у ушима	160	3 Hz	-
Сметње у уву	120	300–9600 Hz	2 s
Привремено померање прага чујности за 10 dB	94	4000 Hz	15 min
Привремено померање прага чујности за 10 dB	100	4000 Hz	7 min
Привремено померање прага чујности за 10 dB	106	4000 Hz	4 min
Оштећење тимпанске мембране	155	2000 Hz ниске фреквенције	Непрекидно
Оштећење тимпанске мембране	175	-	-
Механичке вибрације тела	120–150	УНЗП	-
Вртоглавица и повремено дезоријентација	120–150	1,6-4,4 Hz	Непрекидно
Иритација и замор	120	УНЗП	-
Привремено померање прага	65	Широкопојасни	60 дана
Смртност	167	2000 Hz	-
Смртност	161	2000 Hz	-
Привремено померање прага	75	8–16 kHz	5 min
Привремено померање прага	110	20–31,5 kHz	45 min

где је УНЗП: Укупан ниво звучног притиска

Хроничне акустичке трауме (професионална глувоћа и наглувост) јављају се код људи који су изложени штетном дејству буке нижег нивоа (преко 90 dB) у току осмочасовног радног времена, током дужег периода излагања.

Такво повећано излагање постоји и у авијацији¹.

Услед дејства буке јавља се оштећење сензорних ћелија Кортијевог органа у унутрашњем уву. Најпре настаје оштећење слуха на 4000 Hz, а временом долази до глувоће (Arandžević, et al., 2009, pp.58-60).

Директне гласовне комуникације. Задовољавајућа комуникација, око 90–95% тачно примљених речи, очекује се са нормалним гласом на растојању од око 3 m са нивоима буке од 55 dBA². Саговорници морају да вичу да би се разумели, на истом растојању, са нивоом буке у позадини од 74 dBA. Да би задржали добру комуникацију, ниво звука мора порастати од 3 dB (при нижим нивоима буке) до 6 dB (при вишим нивоима буке), при сваком повећању нивоа буке за 10 dB (Davis, et al., 2010, p.130).

Нормална гласовна комуникација није могућа у већини бучних окружења, на растојањима већим од око 1 m. Окружење у авио-саобраћају ствара такву буку која захтева од саговорника гласовне напоре изнад нормалног, што им ствара додатни стрес. У таквим ситуацијама требало би користити електронске комуникације, када је то могуће, ради заштите здравља људи и минимизирања грешака које настају услед неадекватне комуникације.

Дејство буке на говор и друге звучне сигнале угрожава оперативну безбедност и поступање. Високи нивои буке у уву могу изазвати преоптерећење и привремени губитак слуха, проузрокујући додатно ометање пријема звука.

Ефективност ових сметњи зависи од фреквентног спектра буке и од односа нивоа сигнала и нивоа буке (S/N).

За добру разумљивост сигнала ниво говорног сигнала мора бити много већи од нивоа буке. Разумљивост, као функција односа S/N, зависи и од садржине говора. Разумљивост за речи изговорене на блиском одстојању је око 0% тачности на 12 dB S/N, а већа од 95% тачности на 0 dB S/N. Светска здравствена организација препоручује S/N од 15 dB за пуну разумљивост код слушаоца са нормалним слухом (Davis, et al., 2010, p.135).

Електронске аудио-комуникације. Аудио-комуникациони системи су оптимизовани за људски говор, који је осетљив на околину и

¹ Правилником о утврђивању професионалних болести („Службени гласник РС” број 105/03), обољења изазвана буком сврстана су у професионалне болести.

² dbA – измерени ниво буке помоћу А-тежинске криве (фреквенцијска карактеристика мерног инструмента којом се врши корекција објективног нивоа буке, тако да приближније одговара субјективном осећају људског ува).

елементе личности и порука у ваздухопловном окружењу. Акустична и електрична бука су најчешћи ометајући фактор. Убрзање, вибрације целог тела, велики радни напор и претње по личну безбедност такође могу ометати комуникацију. Говорне способности оператера су условљене акцентима, дијалектом, употребом речи, губитком слуха, количином и врстом искуства у комуникацији, па чак и емоционалним стањем појединца.

Утицај вибрација на људски организам

Пилоти хеликоптера изложени су вибрацијама целог тела у својој радној средини. Са тим вибрацијама повезани су болови у доњем делу леђа (пилоти имају много више проблема са овом врстом болова у поређењу са осталим професијама).

Хеликоптери имају неколико главних извора вибрација, као што су: главни ротор, репни ротор и мотор. Ове вибрације преносе се на посаду преко свих контактних површина, укључујући под, справе за управљање и седишта. Утврђено је да вибрације имају различите ефекте на људе, а да је бол у доњем делу леђа најчешћа тегоба са којом се људи сусрећу (Vidaković, 2002, pp.74-80). То се не односи само за посаду хеликоптера, већ и на многе друге професије, на људе који управљају различитим типовима возила, као што су, на пример, таксисти, камионџије, возачи разних других војних возила. Норвешки институт за авио-медицину истраживао је изложеност посаде хеликоптера болестима доњег дела леђа и посаде других типова летелица (неротирајућих). Закључено је да је такве болове у року од две године пријавило 50% пилота хеликоптера, а само 18% пилота авиона (Kasin, et al., pp.2-3).

Вибрације целог тела повезане су са болешћу доњег дела леђа, ишијасом, дегенеративним променама кичменог стуба. Европска директива за излагање људи механичким вибрацијама својеврсни је водич за заштиту радника против ризика који проистичу из излагања вибрацијама на послу. У тој директиви вибрације целог тела се дефинишу као "механичке вибрације које, кад се преносе на цело тело, увећавају ризик по здравље и безбедност радника, а нарочито болове доњег дела леђа и повреде кичме". По директиви ризике од вибрација треба смањити, а запослени не би требало да буде изложен више од $1,15 \text{ m/s}^2$ (A(8) граница изложености) током осмочасовног радног времена, мерено према стандарду ISO 2631-1.

Акциона вредност³ изложености је $0,5 \text{ m/s}^2$. Ако се премаши граница изложености морају се предузети превентивне мере ради изо-

³ Упозоравајућа вредност величине вибрација изнад које се морају предузети превентивне мере.

лације лица од вибрација. Такође, потребно је праћење здравственог стања и обука лица о ризицима вибрација.

Вибрациона болест представља скуп поремећаја који се јављају при дуготрајном излагању локалним или општим вибрацијама (von Gierke, et al., 2002, chapter 42). Манифестује се оштећењем периферне циркулације, костију, зглобова мишића, нерава и општим поремећајима⁴.

Реализација мерења буке и вибрација

Мерење буке и вибрација вршено је на хеликоптеру Ми-8 Војске Србије (слика 1).

Сва мерења вршена су у кабини хеликоптера и то у четири фазе лета:

- приликом рада у месту, пре полетања,
- током припреме за полетање,
- у фази летења и
- при слетању.



Слика 1 – Хеликоптер Ми-8

Рис. 1 – Вертолет Ми-8

Figure 1 – Mi-8 helicopter

Мерење вибрација

Директива 2002/44/ЕС о минималним здравственим и сигурносним захтевима који се односе на изложеност радника ризицима деловања вибрација дефинише две врсте вибрација:

- вибрације целог тела (у даљем тексту WB вибрације),
- вибрације система шака–рука (у даљем тексту HA вибрације).

⁴ Правилником о утврђивању професионалних болести ("Службени гласник РС број 105/03), обољења изазвана вибрацијама сврстана су у професионалне болести

Наведена директива дефинише минимум стандарда за контролу ризика од WB и HA вибрација. Такође, дефинише акционе вредности изложености изнад којих је потребно применити техничке и/или организационе мере које имају за циљ смањење механичких вибрација и пратећих ризика на минимум и граничне вредности изложености које се не смеју прекорачити. Вредности су наведене у табели 2.

Табела 2 – Акционе и граничне вредности изложености
Таблица 2 - Предельно допустимые значения воздействия
Table 2 – Exposure action and limit values

Тип вредности	WB вибрације	HA вибрације
EA акциона вредност изложености	0,5 m/s ²	2,5 m/s ²
EL гранична вредност изложености	1,15 m/s ²	5 m/s ²

С обзиром на начин коришћења хеликоптера, где је посада у седећем положају на седиштима, за даљу анализу значајне су WB вибрације. Разматрања резултата мерења и њиховог поређења са Директивом биће везана за овај тип вибрација.

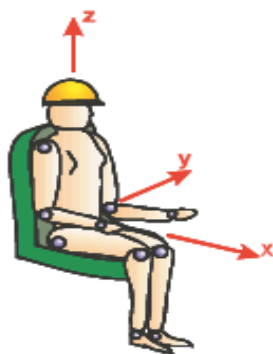
Ниво вибрација које се преносе на цело тело одговара највишој вредности убрзања пондерисане у односу на фреквенцију, утврђене у једној од три ортогоналне мерне осе (1,4 awx, 1,4 awy или awz) у околностима када члан посаде седи или стоји.

Подаци произвођача, као и подаци добијени из других извора, могу послужити као користан показатељ нивоа вибрација којима је изложена посада која управља хеликоптером. Међутим, интензитет вибрација које се преносе на цело тело увелико зависи од спољашњих услова, брзине лета и других фактора, на пример начина на који се управља летелицом.

Због тога би првобитну процену нивоа изложености требало потврдити мерењем нивоа вибрација. Мерење изложености посаде вибрацијама које се преносе на цело тело потребно је оцењивати методом дефинисаном у Европској норми ISO 2631-1:1997, а упутство о употреби те методе мерења вибрација на радном месту наведене су у норми EN 14253:2003.

Ниво вибрација, изражен као RMS вредност (RMS; од енгл. Root-mean-square), исказује се као убрзање пондерисано у односу на фреквенцију, измерено на седишту особе која при извођењу радних задатака седи, а изражава се у m/s².

Ниво вибрација изражен као RMS вредност једнака је просечном убрзању измереном у периоду спровођења мерења. То је највиша од три вредности измерене у три ортогоналне осе (1,4 awx, 1,4 awy или awz). Осе релевантне за мерење и приказивање резултата мерења вибрација приказане су на слици 2.



Слика 2 – WB вибрације
Рис. 2 – WB вибрации
Figure 2 – WB vibrations

За мерење вибрација на хеликоптеру коришћен је анализатор в-
ибрација, тип 4447 (слика 3), произвођача Brüel & Кјær.

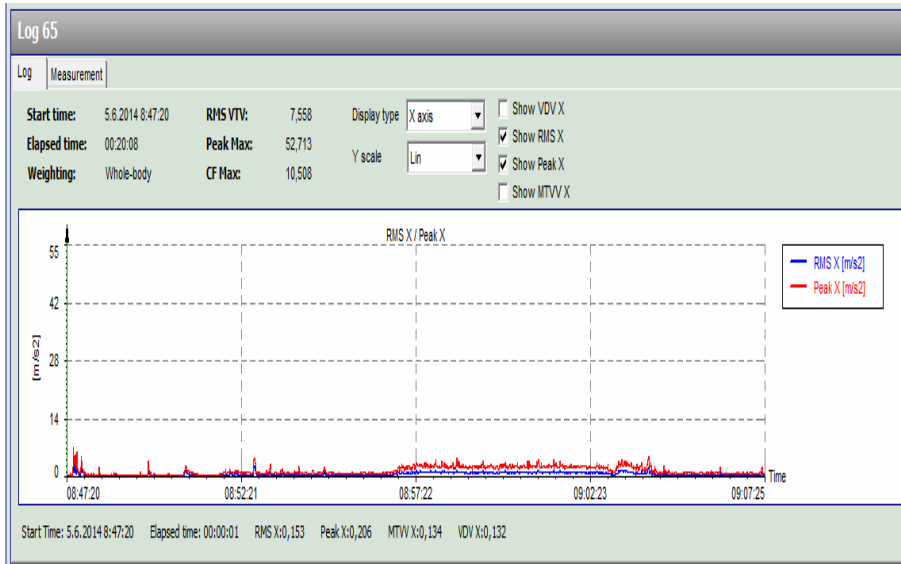
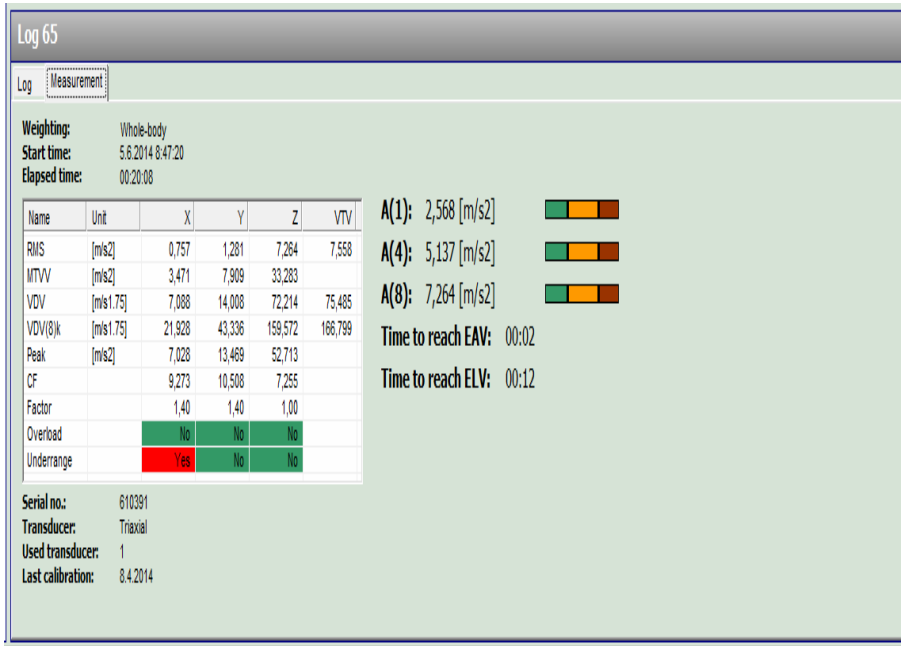


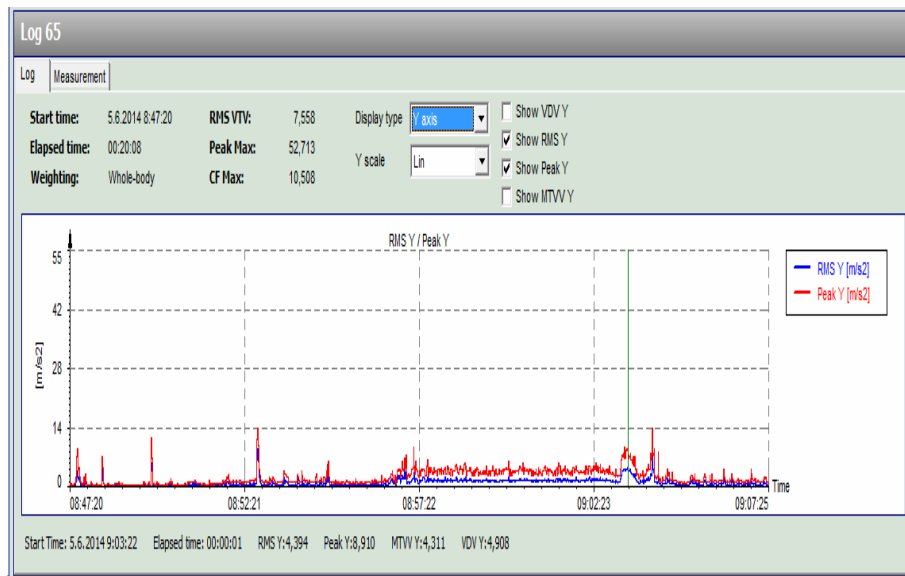
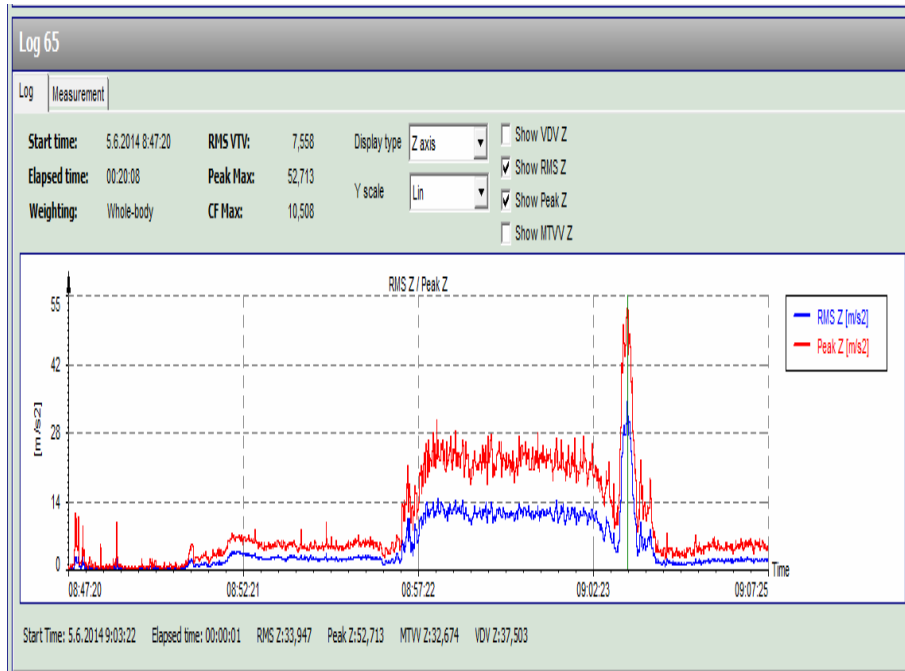
Слика 3 – Анализатор вибрација, тип 4447, са опремом
Рис. 3 – Анализатор вибраций типа 4447 с оборудованием
Figure 3 – Vibrations analyzer type 4447 with equipment

Анализатор вибрација, тип 4447, преносни је систем за мерење
и оцену утицаја вибрација. Испоручује се заједно са РС програмом
за прорачун нивоа изложености вибрацијама ради упоређивања са
акционим и граничним вредностима које су дефинисане ЕУ директ-
ивом 2002/44/ЕС.

Инструмент је наменски дизајниран за мерење и оцену ризика утицаја вибрација на здравље и безбедност људи, на једноставан, брз и поуздан начин.

Резултати мерења вибрација приказани су на слици 4.





Слика 4 – Резултати мерења вибрација
 Рис. 4 – Результаты измерения вибраций
 Figure 4 – Vibration measuring results

Посматрајући резултате мерења, приказаних на слици 4, може се констатовати следеће:

- на првом делу слике 4 приказане су вредности $A(1)$, $A(4)$ и $A(8)$. Оне представљају изложеност посаде вибрацијама прерачунату на трајање лета од 1, 4 или 8 часова. За процену ризика у кабини хеликоптера значајна је вредност $A(8)$ с обзиром на то да представља тзв. дневну изложеност посаде (Директива подразумева просечно радно време од 8 часова);

- вредност $A(8)$ је $7,264 \text{ m/s}^2$, што је већа вредност и од акционе вредности ($2,5 \text{ m/s}^2$) и од граничне вредности (5 m/s^2) прописане Директивом 2002/44/ЕС;

- потребно је само 2 секунде да би се достигла акциона вредност, а само 12 секунди за граничну вредност вибрација;

- највећа вредност вибрација је у правцу z -осе и она износи око 12 m/s^2 у фази лета, што је много већа вредност од граничне (види дијаграм 3 на слици 4);

- пратећи дијаграме могу се уочити четири фазе лета (пуштање мотора у погон, убрзање ротације пре полетања, лет и приземљење и рад у месту). Прва фаза траје око 4 минута и RMS вредност не прелази акционе вредности. У другој фази лета трајања око 5 минута, вредност вибрација већ прелази граничне вредности. У фази лета, око 7 минута, вредности вибрација су много изнад граничне вредности. Највећи скок вибрација је у тренутку слетања на чврсту подлогу, што се карактерише као удар, са максималном вредношћу (у правцу z -осе) $\text{RMS } 32,674 \text{ m/s}^2$ и Peak-om^5 од $52,713 \text{ m/s}^2$;

- имајући у виду препоруке Директиве 2002/44/ЕС, јасно је да се морају предузети одговарајуће мере ради смањења штетног утицаја вибрација на безбедност и здравље људи, коришћењем пасивних или активних изолатора вибрација. Због сложености проблема виброизолације, детаљна анализа могућности смањења вибрација у кабини хеликоптера могла би бити тема неког наредног истраживања.

Мерење буке

Резултати мерења буке упоређивани су са вредностима прописаним у Директиви 2003/10/СЕ Европског парламента и Већа о минималним здравственим и сигурносним захтевима у односу на изложеност радника ризицима који произилазе из физичких чинилаца (буке).

⁵ Појединачно највећа вредност убрзања за време мерења.

Како би се исправно проценила изложеност посаде хеликоптера буци, потребно је применити објективну методу мерења према опште-признатом стандарду ISO 1999:1990. Процењене или објективно измерене вредности треба да буду одлучујуће за предузимање мера предвиђених у случају доњих и горњих упозоравајућих вредности изложености. Граничне вредности изложености неопходне су да би се избегла неповратна оштећења слуха код посаде; бука која долази до ува не сме прелазити граничне вредности изложености.

У смислу ове директиве, граничне вредности изложености и упозоравајуће вредности изложености у погледу дневног нивоа изложености буци и вршног звучног притиска су следеће:

– граничне вредности изложености: $LEX,8h = 87 \text{ dB(A)}$, односно $p_{\text{peak}} = 140 \text{ dB}$;

– горње упозоравајуће вредности изложености: $LEX,8h = 85 \text{ dB(A)}$, односно $p_{\text{peak}} = 137 \text{ dB}$;

– доње упозоравајуће вредности изложености: $LEX,8h = 80 \text{ dB(A)}$, односно $p_{\text{peak}} = 135 \text{ dB}$, где су:

– $LEX,8h$ – дневни ниво изложености буци, временски пондерисан просек нивоа изложености буци за номинални осмосатни радни дан, како је дефинисано међународним стандардом ISO 1999:1990, тачка 3.6. обухвата сву буку присутну на раду, укључујући и имулсни шум,

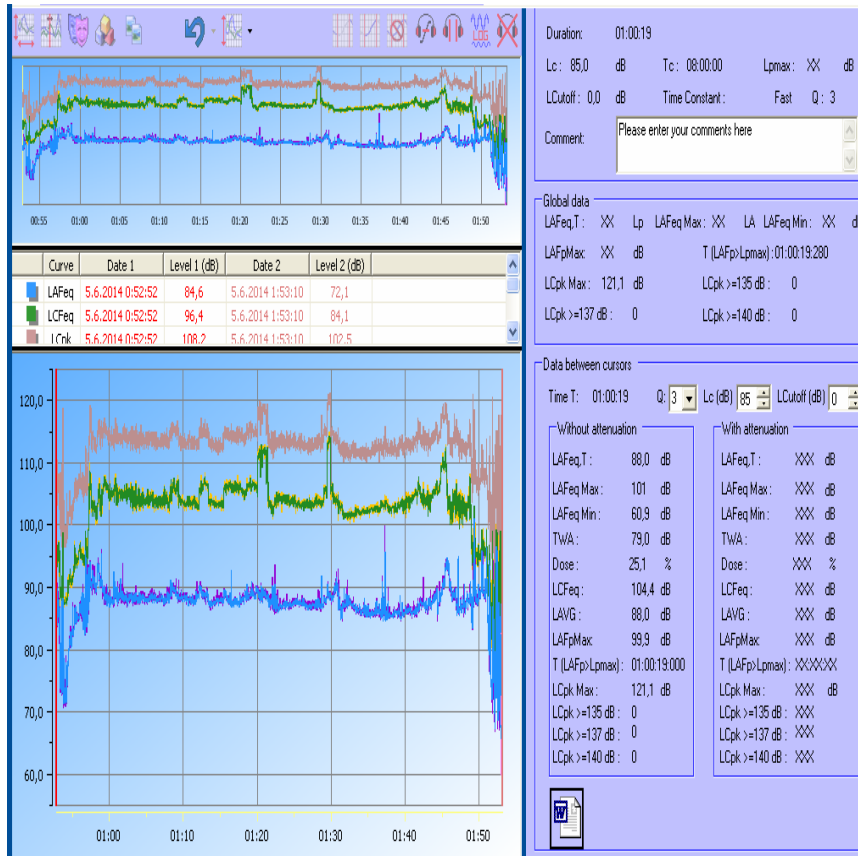
– p_{peak} – вршна вредност звучног притиска, што је минимална вредност "C" – фреквенцијски пондерисаног тренутног звучног притиска.

За мерење буке у хеликоптеру коришћен је лични дозиметар буке, тип Wed007-01dB (слика 5), француског произвођача. Софтверска подршка у обради резултата мерења заснована је на Европској директиви 2003/10/CE, која се бави минималним безбедносним и здравственим прописима у односу на изложеност радника ризицима због физичких агенса.



Слика 5 – Лични дозиметар буке, модел Wed007 – 01dB
 Рус. 5 – Индивидуальный шумомер, модель Wed007- 01dB
 Figure 5 – Wed007- 01dB noise dosimeter

Резултати мерења буке приказани су на слици 6.



Слика 6– Резултати мерења буке
 Рис.6 – Резултати измерења шума
 Figure 6 – Noise measuring results

Посматрајући резултате мерења, приказане на слици 6, могу се уочити три криве:

– крива приказана плавом бојом представља вредност LEX,8h – дневни ниво изложености буци. Пратећи вредности са слике може се констатовати да вредност LEX,8h за све време рада мотора хеликоптера премашује граничне вредности изложености (87 dB) прописане Директивом 2003/10/CE;

– крива приказана зеленом бојом представља ефективну вредност буке “C” – фреквенцијски пондерисане и није од нарочитог значаја за ово истраживање с обзиром на то да није обухваћена Директивом;

– крива приказана наранџастом бојом представља рреак – вршну вредност звучног притиска. Са слике се види да вршна вредност ниједног тренутка не прелази граничну(140 dB), нити упозоравајуће вредности (135 и 137 dB).

Имајући у виду препоруке Директиве 2003/10/СЕ, јасно је да се морају предузети одређене мере ради смањења штетног утицаја буке на безбедност и здравље посаде хеликоптера. Пре свега, мисли се на употребу адекватних средстава личне заштите (антифони, кациге) која смањују ниво буке, али која не смеју утицати на квалитет комуникације чланова посаде.

Закључак

Циљ овог истраживања био је да се мерењем утврде нивои буке и вибрација у кабини хеликоптера и тако добијени резултати упореде са акционим и граничним вредностима прописаним одговарајућим директивама Европске комисије које се односе на буку и вибрације.

Мерењем и упоређивањем резултата дошло се до закључка да у кабини хеликоптера вредности буке и вибрација премашују граничне вредности прописане директивама 2003/10/СЕ за буку и 2002/44/ЕС за вибрације.

Имајући у виду штетне утицаје буке и вибрација по здравље људи, а део штетних утицаја је истакнут и у овом раду, намеће се неопходност:

- периодичног мерења нивоа буке и вибрација у хеликоптерима;
- периодичног праћења здравственог стања посаде хеликоптера, а нарочито обављање специјалистичких прегледа потенцијално најугроженијих органа од дејства буке и вибрација;

- ангажовања расположивих стручних капацитета Војске Србије, уз помоћ стручних институција из цивилних структура, на изналажењу начина за смањење буке и вибрација, најпре на изворима настајања, а затим и на путевима преношења. У литератури, али и у пракси, постоји велики број начина за умањење штетног утицаја буке и вибрација на људски организам, па је потребно применити искуства стручњака,

- предузимања техничких, организационих, нормативних, образовних и других мера за смањење излагања људства штетним утицајима буке и вибрација.

Циљ овог рада није да донесе закључак о квалитету радне средине у хеликоптеру Ми-8, већ да послужи као основа за даља истраживања која би имала за циљ ближе откривање узрока појаве и начина преношења буке и вибрација до кабине хеликоптера и изналажење метода за смањење нивоа буке и вибрација.

Литература / References

- Arandelović, M., & Jovanović, J. 2009. Medicina rada.Niš: Univerzitet u Nišu, Medicinski fakultet. [e-book]. Preuzeto sa http://www.medradanis.rs/docs/knjiga_medicina_rada.pdf
- Cvetković, D., & Praščević, M. 2005. Buka i vibracije.Niš: Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu.
- Davis, J.R., Johnson, R., Stepanek, J., & Fogarty, J.A. 2010. Fundamentals of Aerospace Medicine, 4th.Wolters Kluwer Health.
- Direktiva Evropske komisije o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtevima u odnosu na izloženost radnika rizicima koji prozilaze iz fizičkih uticaja (buke) 2003/10/EC 2003.
- Direktiva Evropske komisije o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtevima u odnosu na izloženost radnika rizicima koji prozilaze iz fizičkih uticaja (vibracije) 2002/44/EC 2002.
- ISO 2631-1 Standard za mehaničke vibracije i šok – Proračun izlaganja ljudi vibracijama celog tela 1997.
- Kasin, J.I., Mansfield, N., & Wagstaff, A.. Whole body vibration in helicopters; risk assessment according to the European vibration directive.Loughborough University.
- Praščević, M., & Cvetković, D. 2005. Buka u životnoj sredini.Niš: Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu.
- Vidaković, A. 2002. Osnovi medicine rada.Beograd: CIBIF Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.
- von Gierke, H.E., & Brammer, A.J.(2002). Effects of Shock and Vibrations on Humans, Harris' Shock and Vibration Handbook. [e-book]. Preuzeto sa [http://nguyen.hong.hai.free.fr/EBOOKS/SCIENCE%20AND%20ENGINEERING/MECANIQUE/DYNAMIQUE-VIBRATION/Shock%20 &%20Vibration%20Handbook.pdf](http://nguyen.hong.hai.free.fr/EBOOKS/SCIENCE%20AND%20ENGINEERING/MECANIQUE/DYNAMIQUE-VIBRATION/Shock%20&%20Vibration%20Handbook.pdf).

ИЗМЕРЕНИЕ ШУМА И ВИБРАЦИЙ В КАБИНЕ ВЕРТОЛЕТА МИ-8

Ивица С. Стојановић
ВРСР, Третиј свјазној батальон, г.Ниш

ОБЛАСТЬ: защита от шума и вибраций
ВИД СТАТЬИ: профессиональная статья
ЯЗЫК СТАТЬИ: сербский

Резюме:

Шум и вибрации представляют собой один из самых неблагоприятных факторов рабочей среды экипажа вертолета. Целью данного исследования было измерить воздействие шума на пилота и экипаж вертолета, а также определить его последствия.

Затем мы сопоставили полученные результаты с предельно допустимыми значениями, установленными Директивой Европейской комиссии в области шума и вибраций.

Данное сравнение показало, что замеренные значения превышают предписанные нормы и противоречат правилам охраны труда, представляя угрозу безопасности и здоровью служащих.

Также установлено, что члены экипажа подвержены риску от профессиональных заболеваний, в этой связи необходимо принять меры по снижению воздействия шума и вибраций на персонал (экипаж) вертолета.

Ключевые слова: вертолет; директива; вибрации; шум; измерение.

MEASURING NOISE AND VIBRATION IN THE COCKPIT OF THE Mi-8 HELICOPTER

Ivica S. Stojanović
Serbian Armed Forces, 3rd signal battalion, Niš

FIELD: Protection against noise and vibration
ARTICLE TYPE: Professional paper
ARTICLE LANGUAGE : Serbian

Summary:

Noise and vibration are among the main negative elements of the working environment. The aim of this study was to determine the measurement of the size of their effect on helicopter pilots and crew members. The results were compared with the warning and limit values determined by the existing Directives of the European Commission in the field of noise and vibration. The comparison of the results has led to the conclusion that the measured values are unacceptable in terms of safety and health at work and that the measured values exceed the limits. The measurements have pointed out to a danger of occupational diseases among crew members and to the necessity to take measures to reduce the harmful effects of noise and vibration on helicopter personnel.

Introduction

Noise and vibration are by nature an integral part of everyday life and a part of the human environment. They appear as a companion to life's many activities and their presence is evident in almost all spheres. The subject of this study was to assess the level of noise and vibration generated in the cockpit of the Mi-8 affecting the crew. The aim of the research was to obtain results that will show whether noise and vibration in the helicopter cockpit exceed allowable limits set by standards, to support the final analysis with measurement results and to illustrate a detrimental effect of noise and vibration on the human body. The Mi-8 helicopter was selected for measurements. Noise and vibration were measured in the cockpit of the helicopter so as to find out whether the

helicopter engine compartment is a source of the negative impact of noise and vibration on pilots and how significant this negative impact is.

In order to implement the basic procedures of noise control, assess the state of the noise level and the noise harmful effects on the human body as well as to apply the most appropriate method for noise reduction, it is necessary to have as complete and accurate information on the noise characteristics as possible, which can be determined by measuring the noise characteristic values in the amplitude, frequency and time domains. Measurements are necessary to determine the three basic characteristics of noise: strength, frequency and duration. The above three parameters completely describe the character of noise.

Regarding vibrations, there are three categories of vibrations people are exposed to. These are: self-excited (coming from every-day movements such as walking, running or recreation), forced vibrations during psycho-physiological involvement (vibrations to which operators, including pilots, are exposed) and forced vibrations without psycho-physiological involvement (vibrations to which people are exposed regardless of their will, e.g. in transportation vehicles, offices, apartments, etc.).

In addition to assessing harmful effects on the health and safety of people, vibration measurements can be used as a diagnostic tool. Vibration measurements can lead to a significantly faster inspection of failures and to the prevention from catastrophic consequences for personnel and technical equipment. The current practice requires a control of the functioning of helicopter parts as well as their replacement after the prescribed time or exploitation periods. This makes helicopter maintenance procedures expensive. The solution to this problem is the development of the Health and Usage Monitoring Systems – HUMS, used for detecting initial failures in parts of the helicopter, for predicting remaining service life and for creating conditions for the transition from preventive-based maintenance to condition-based maintenance.

The effect of noise on the human body

The impacts of noise on humans are divided into physiological and psychological ones. Physiological effects, both auditory and nonauditory, cause changes in physiological mechanisms or functions related to noise. Auditory effects have a direct impact on the peripheral auditory system and the hearing as a whole. Exposure to the acoustic energy may cause certain nonauditory effects, such as effects on the vestibular system and the autonomous nervous system, causing sleep disturbance, fatigue and stress. However, these nonauditory effects, except for a few exceptions, are also transmitted through the auditory system. Not only does noise threaten the health of helicopter crew, but also affects the quality of communication between crew members. Noise represents a potential threat to the safety and operation of the aircraft, reducing the effectiveness and efficiency of communication, as well as preventing the alarms and other warning messages to be timely and accurately heard and received.

The effect of vibrations on the human body

Helicopter pilots are exposed to whole-body vibrations in the working environment. Pain in the lower back is associated with whole-body vibrations and pilots can be said to have more trouble with this kind of pain compared to other professions. Helicopters have several major sources of vibration, such as the main rotor, the tail rotor and the engine. These vibrations are transmitted to the crew through all contact surfaces, including the floor, control equipment and seats.

Realization of noise and vibration measurements

Noise and vibration measurements were performed on the Mi-8 helicopter of the Army of Serbia. All measurements were performed in the helicopter cockpit in four phases of flight:

- during standing, before takeoff,*
- during a preparation for takeoff,*
- during flight, and*
- during landing.*

Vibration measurements

The results of measurements point out to the following:

- The value of A (8) is higher than the value of the action value and limit values set in Directive 2002/44 / EC;*
- It only takes 2 seconds to reach the action value, and only 12 seconds for the marginal value of vibration;*
- The maximum vibration value is in the direction of the z-axis;*
- Diagrams identify four phases of flight (engine start-up, acceleration of rotation before takeoff, flight and landing and stationary work). The figure shows that, even at the stage before takeoff, vibrations are above the action value, and in the phase of flight they are far above the limit value;*
- Bearing in mind the recommendations of Directive 2002/44 / EC, it is clear that certain measures have to be taken to reduce the harmful effects of vibration on the health and safety of people.*

Noise measurements

The results of measurements indicate the following:

- the value of LEX,8h exceeds the exposure limit values (87 dB) required by Directive 2003/10/CE;*
- Bearing in mind the recommendations of Directive 2003/10/CE, it is clear that certain measures have to be taken to reduce the harmful effects of noise on health and safety of people.*

Conclusion

The aim of this study was to determine the levels of noise and vibration in the helicopter cockpit and to compare the obtained results with the action and limit values required by the relevant directives of the

European Commission relating to noise and vibration. Measurements and comparisons of the results has led to the conclusion that in the helicopter cockpit noise and vibration values exceed the limit values set by Directives 2003/10 / CE for noise and 2002/44 / EC for vibration. Due to harmful effects of noise and vibration on human health, some of which were highlighted in this paper, there is a need for:

- *periodic measurements of noise and vibration in helicopters,*
- *periodic monitoring of the health status of helicopter crews, especially specialist medical check-ups of potentially most vulnerable organs exposed to the effects of noise and vibration,*
- *activating the available technical capacity of the Army of Serbia with the help of professional institutions of civil structures to find ways to reduce noise and vibration at their sources as well as along their transmission paths. In the literature and in practice there are a number of ways of mitigating the harmful effects of noise and vibration on the human body and it is necessary to apply the experience of experts on the helicopters of the Army of Serbia,*
- *taking technical, organizational, regulatory, educational and other measures to reduce personnel exposure to harmful effects of noise and vibration.*

This work should serve not as a definitive conclusion about the quality of the working environment in the Mi-8 helicopter, but as a basis for further research that would aim at discovering the causes of noise and vibration and their transmission paths to the helicopter cockpit, in order to find methods of their reduction.

Key words: *helicopter; directive; vibrations; noise; measuring.*

Датум пријема чланка / Дата получения работы / Paper received on: 11. 02. 2015.

Датум достављања исправки рукописа / Дата получения исправленной версии работы / Manuscript corrections submitted on: 26. 05. 2015.

Датум коначног прихватања чланка за објављивање / Дата окончательного согласования работы / Paper accepted for publishing on: 28. 05. 2015.

© 2016 Аутор. Објавио Војнотехнички гласник / Military Technical Courier (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у складу са Creative Commons licencom (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2016 Автор. Опубликовано в "Военно-технический вестник / Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier" (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). Данная статья в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией "Creative Commons" (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

© 2016 The Author. Published by Vojnotehnički glasnik / Military Technical Courier (www.vtg.mod.gov.rs, втг.мо.упр.срб). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/rs/>).

