

Dejan Živković,
dipl. inž.
Prof. dr sc. med.
Miroslav Hrnjak,
pukovnik
Gradimir Basarić,
dipl. inž.
Nebojša Pešić,
el. tehničar
Institut za medicinu rada ZPM VMA,
Beograd

BUKA, INFRAZVUK I ULTRAZVUK KOD HELIKOPTERA

UDC: 613.644:623.796.174

Rezime:

U ovom radu prikazani su izmereni ukupni nivoi buke, kao i frekventna analiza buke, infrazvuka i ultrazvuka na mestima članova posade u dva tipa helikoptera za vreme leta i kod mehaničara oko istih helikoptera na stajanci. Rezultati merenja pokazali su da ukupni nivoi buke (92 dB(A) do 113 dB(A)) i oktavni nivoi zvučnog pritiska, u posmatranim režimima rada motora helikoptera, prelaze dopuštene nivoe. Spektralnom analizom infrazvuka utvrđeno je da on ne prelazi dopuštene nivoe u posmatranim frekvencijskim opsezima. Spektralnom analizom ultrazvuka utvrđeno je da kod drugog tipa helikoptera izmereni nivo u trećinskooktavnom opsegu sa središnjom frekvencijom od 20 kHz, prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB koja je određena za neprekidno izlaganje radnika u trajanju od 8 sati.

Ključne reči: buka, infrazvuk, ultrazvuk, dejstvo na čoveka, posada helikoptera, aviomehaničari, helikopteri, zaštita od buke.

NOISE, INFRASOUND AND ULTRASOUND IN TWO TYPES OF HELICOPTERS

Summary:

The aim of work was to measure the entire noise level and to accomplish the octave analysis as well as to measure ultrasound and infrasound levels inside and around two types of helicopters. The results of measurement showed that the entire noise levels (92 dB(A) – 113 dB(A)) and octave sound level pressures in the observed work regimes of helicopter motors exceed the permissible levels. The spectrum analysis of infrasound showed that it does not exceed the permissible levels in any octave band. The spectrum analysis of ultrasound showed it exceeds the permissible level only in the third octave band with the mid frequency of 20 kHz around the second type of helicopter.

Key words: noise, infrasound, ultrasound, effects on man, aircrew, aviomechanics, helicopters, protection against noise.

Uvod

Posade helikoptera, kao i osoblje koje održava helikoptere, izloženi su kontinualnoj buci čiji su nivoi mnogo iznad nivoa koji mogu izazvati oštećenje čula sluha. Za pogon helikoptera primenjuju se klipni i mlazni motori. Najpogodniji su motori sa unutrašnjim sagorevanjem kod kojih toplotna energija može da se

pretvori u mehanički rad preko rotora ili elise, ili u kinetičku energiju pogonskog mlaza sagorelih gasova [1].

U radu su razmatrani buka, ultrazvuk i infrazvuk koji se javljaju kod dva tipa helikoptera sa turbomlaznim motorima za vreme leta i deluju na posadu helikoptera (kod prvog tipa helikoptera dva motora, a kod drugog tipa jedan motor). Dobra čujnost je vrlo važna za

Oprema i metode istraživanja

pilota i posadu helikoptera, jer pored dobijanja informacija vizuelnim putem i auditivne informacije predstavljaju najveću pomoć u bezbednom letenju. Kod helikoptera buku stvaraju pogonska grupa, rotor i repna elisa, kao i reduktori. U ukupnom spektru buke dominantna je buka rotora čiji je maksimum oko ose obrtanja, tako da se može reći da dominiraju niskofrekventne komponente (0 do 250 Hz), dok u oblasti srednjih frekvencija (300 do 4000 Hz) dominira buka koja potiče od reduktora [1, 2]. Dalji izvori buke su željeni i neželjeni signali koji potiču iz komunikacionih sistema. Svakako da treba uzeti u obzir i razne zvučne upozoravajuće signale, a ovaj problem dodatno uvećava i buka koja se javlja pri korišćenju naoružanja.

U radu su dalje razmatrani isti parametri na stajanci oko posmatranih tipova helikoptera, a pri tome deluju na pripadnike službe održavanja helikoptera na stajanci. Stajanka je otvoreni prostor različitih dimenzija, travnat ili popločen betonskim pločama, na kojem se obavlja popuna helikoptera gorivom i odgovarajući pregledi adekvatno postojećim propisima. Pregledima se utvrđuje ispravnost i sposobnost helikoptera za neposredno izvršenje letačkog zadatka. Treba istaći da polje spoljašnje buke helikoptera čini kombinacija buke rotora i izduvne cevi motora. Helikopteri, odnosno njihovi motori, stvaraju vrlo neprijatnu buku za ljude na stajankama, jer rade na malim brojevima obrtaja i lete na maloj visini, pa tako ostaju čujni u dužem vremenskom periodu [1, 2, 3].

Lica koja rade na radnim mestima koja su u ovom radu analizirana podležu periodičnim pregledima zdravstvenog stanja, naročito audiometrijskoj kontroli (kontroli sluha).

Za merenje ukupnog nivoa buke korišćen je modularni precizni merač nivoa zvuka tip 2231, sa oktavnim filterom tipa 1625. Merenje ukupnog nivoa buke obavljano je na radnim mestima članova posade za vreme leta, i pri različitim režimima rada motora ispitivanih tipova helikoptera, kao i na radnim mestima avio-mehaničara oko helikoptera pri različitim režimima rada motora, i to: kod agregata za „zapuštanje“ (startovanje) motora helikoptera, uz helikoptere – kod uvodnika, na rastojanjima 5 m, 10 m i 15 m ispred helikoptera. Tamo gde su radni uslovi dozvoljavali urađena je oktavna analiza nivoa zvučnog pritiska.

Za određivanje ekvivalentnog nivoa (L_{eq} – nivo stalne buke koji nosi podjednaku zvučnu energiju kao promenljiva buka u posmatranom vremenskom intervalu) korišćene su metode lične dozimetrije i statističke analize, što znači da je ekvivalentni nivo buke određen na dva načina: uz korišćenje ličnih dozimetara za buku tipa 4434 sa mikrofonima tipa 4130, i/ili uz korišćenje mernog lanca koji se sastojao od mikrofona tipa 4165, prepojačavača tipa 2619 i statističkog analizatora nivoa zvuka tipa 4426. Navedene dozimetre su za vreme redovne aktivnosti nosili avio-mehaničari ili piloti, tako da su mikrofoni iz kompleta postavljeni na štitnike protiv buke i nalazili se oko 20 cm od uha. Dozimetri su bili u režimu „Cal“. Statističke analize rađene su u helikopterima i na stajankama.

Merenja buke obavljana su na način koji propisuje Pravilnik [4]. Prema njemu je vršeno i normiranje, a korišćen je kriterijum – dopušteni nivo s obzirom na vrstu delatnosti (tabela 1 Pravilnika), dok

Izmereni nivoi buke kod helikoptera pri različitim režimima rada motora

Red. br.	Mesto merenja	Izvor buke	Nivo buke u dB (A)		Oktavni nivoi zvučnog pritiska (dB)								
			Izmereni	Dopušteni	31,5	63	125	250	500	1	2	4	8
					Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	kHz	kHz	kHz	kHz
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Kod helikoptera prvog tipa na stajancu:												
1.	- kod mehaničara između agregata za startovanje motora i helikoptera	rad agregata i pomoćnog motora helikoptera	106-108	75	97	91	96	98	99	99	99	95	94
2.	- kod mehaničara uz helikopter, kod uvoznika sa leve strane	levi motor na malom gasu i rad pomoćnog motora	110	75									
3.	- kod mehaničara uz helikopter, kod uvoznika sa leve strane	levi i desni motor na malom gasu	113	75	104	110	111	109	103	102	105	102	103
4.	- kod mehaničara na 10 m ispred helikoptera	desni motor u korekciji i levi na malom gasu	109	75	104	110	109	108	104	104	106	104	105
	U helikopteru prvog tipa:												
5.	- kod pilota	rad dva motora u režimu korekcije	98-100	70	79	93	98	96	89	88	88	86	81
6.	- kod aviomehaničara iza pilota	rad dva motora u režimu korekcije	99-101	70									
7.	- kod pilota	rad dva motora u režimu punog gasa	100-102	70									
8.	- kod aviomehaničara iza pilota	rad dva motora u režimu punog gasa	102-104	70	79	99	104	102	93	91	89	87	83
9.	- kod pilota	rad dva motora u režimu malog gasa (pri sletanju)	92-94	70									
10.	- kod aviomehaničara iza pilota	rad dva motora u režimu malog gasa (pri sletanju)	95-97	70									

Red. br.	Mesto merenja	Izvor buke	Nivo buke u dB (A)											Oktavni nivoi zvučnog pritiska (dB)												
			Izmereni	Dopušteni	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz													
																		4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3																								
11.	Kod helikoptera drugog tipa na stajanci: - kod aviomehaničara kod helikoptera	rad motora helikoptera na malom gasu	97-99	75	90	88	83	85	89	96	92	93	95													
12.	- kod aviomehaničara kod motora helikoptera	rad motora helikoptera u režimu kvaćenja	98-103	75	97	94	93	98	97	96	98	97	96													
13.	- kod aviomehaničara kod helikoptera	motor na 43000 o/min. i rotor na 387 o/min.	122	75																						
14.	- kod aviomehaničara na 5 m ispred helikoptera	motor na 43000 o/min. i rotor na 387 o/min.	101-105	75																						
15.	- kod aviomehaničara na 15 m ispred helikoptera	rad motora i rotora pri uzletanju helikoptera	100-103	75	99	99	93	94	95	97	97	96	95													
16.	- kod aviomehaničara na 10 m ispred dva helikoptera	zapuštanje motora dva helikoptera	88	75																						
17.	U helikopteru drugog tipa: - kod pilota	rad motora helikoptera na malom gasu	94	70																						
18.	- kod pilota	motor na 43000 o/min. i rotor na 387 o/min.	96-97	70																						

Osećena polja predstavljaju oktavne pojaseve u kojima je došlo do prekoračenja nivoa zvučnog pritiska

su za oktavnu analizu korišćene vrednosti nivoa zvučnog pritiska u oktavnim pojasima (tabela 4 Pravilnika).

Snimanje infrazvuka i ultrazvuka obavljano je na stajanci na udaljenosti 15 m ispred helikoptera, kao i u helikopterima (kod mehaničara iza pilotske kabine prvog tipa helikoptera i kod pilota drugog tipa helikoptera). Za snimanje infrazvuka korišćeni su: mikrofoni tipa 4165, precizni impulsi meraci nivoa zvuka tipa 2204 i magnetofoni tipa 7003. Za snimanje ultrazvuka korišćeni su: mikrofoni tipa 4135, precizni impulsi meraci nivoa zvuka tipa 2209 i magnetofoni tipa 7006. Za analizu snimljenih uzoraka u oba slučaja korišćen je digitalni frekventni analizator nivoa zvuka tipa 2131.

Za normiranje dobijenih rezultata spektralne analize infrazvuka korišćene su, pošto nema drugih standarda za infrazvuk, sovjetske norme za zaštitu od profesionalnog izlaganja infrazvuku iz 1980. godine, a one iznose 105 dB za sve centralne frekvencije posmatranih oktavnih pojaseva [5]. Za normiranje dobijenih rezultata spektralne analize ultrazvuka korišćene su norme iz Privremenog uputstva o granicama ekspozicije ljudi ultra-

zvuku iz vazduha koji je propisao Međunarodni komitet za nejonizujuće zračenje (INIRC) Međunarodnog udruženja za zaštitu od zračenja (IRPA) iz 1984. godine [6]. Prema ovom uputstvu dopušteni nivoi ultrazvuka su: 75 dB za trećinskooktavnog opseg sa centralnom frekvencijom od 20 kHz, a za ostale frekvencije ove vrednosti su 110 dB. Ove vrednosti su definisane za izlaganje zaposlenih ultrazvuku za osmočasovno radno vreme.

Svi navedeni uređaji proizvodi su firme Briel & Kjaer (Danska).

Rezultati istraživanja

Izmereni ukupni nivoi buke u toku zapuštanja i različitih režima rada motora helikoptera prikazani su u tabeli 1. Može se uočiti da izmereni ukupni nivoi buke prelaze dopuštene nivoe od 70 dB(A) i 75 dB(A) koji su određeni s obzirom na vrstu delatnosti i odnos članova posade helikoptera i pripadnika službe održavanja prema izboru buke. Spektralnom analizom je utvrđeno da oktavni nivoi zvučnog pritiska u navedenim režimima rada motora uglavnom znatno prelaze dopuštene vrednosti određene normativnim krivama N-65 i N-70 u oktavnim opsezima sa centralnim frekvencijama u opsegu od 63 Hz do 8 kHz. Izmereni ukupni nivoi buke prelaze i nivo od 85 dB(A), koji je u navedenom pravilniku definisan kao najviši dopušteni nivo za izlaganje buci sa aspekta zaštite sluha od oštećenja.

U tabeli 2 prikazane su vrednosti očitane na ličnim dozimetrima buke, koje su u toku aktivnosti nosili aviomehaničari na stajanci oko posmatranih tipova helikoptera. U tabelama su dati i ekvivalentni nivoi buke kojima su oni izloženi. Ovi nivoi dobijeni su očitavanjem sa odgovarajućih nomograma za „Cal“ režim za

Tabela 2

Ekvivalentni nivoi buke

Red. br.	Nosilac	Očitana vrednost na instrumentu	Leq dB(A)
Kod prvog tipa helikoptera			
1.	Aviomehaničar 1	5937 p*	111
2.	Aviomehaničar 2	5042 p*	109
Kod drugog tipa helikoptera			
1.	Aviomehaničar 1	6900 p*	105
2.	Aviomehaničar 2	6342 p*	104

* - upozorenje da je nosilac dozimetra izložen buci čiji nivo povremeno premašuje 115 dB(A)

p - nivo buke povremeno premašuje 140 dB

posmatrani vremenski interval od 10 minuta (prvi tip helikoptera) i za „Cal“ režim za posmatrani vremenski interval od 25 minuta (drugi tip helikoptera).

U tabeli 3 prikazana je vrednost očitana na ličnim dozimetrima koje su za vreme leta nosili: kod prvog tipa helikoptera aviomehaničar, a kod drugog tipa helikoptera pilot. U tabelama su dati i ekvivalentni nivoi buke kojima su oni izloženi. Ovi nivoi dobijeni su očitavanjem sa odgovarajućih nomograma za „Cal“ režim za posmatrane vremenske intervale od 110 minuta (kod prvog helikoptera) i za „Cal“ režim za posmatrani vremenski interval od 57 minuta (kod drugog helikoptera).

Tabela 3

Ekvivalentni nivo buke u toku leta

Red. br.	Nosilac	Očitana vrednost na instrumentu	Leq dB(A)
Kod prvog tipa helikoptera			
1.	Aviomehaničar	6900 p*	94
Kod drugog tipa helikoptera			
1.	Pilot	6900 p*	96

* - upozorenje da je nosilac dozimetra izložen buci čiji nivo povremeno premašuje 115 dB(A)

p - nivo buke povremeno premašuje 140 dB

Statistička analiza rađena je na stajankama kod helikoptera i u helikopterima. Statističke analize buke na stajankama obuhvatale su sledeće aktivnosti: rad agregata za zapuštanje motora helikoptera, rad motora helikoptera i poletanje helikoptera sa stajanke.

Statistička analiza kod prvog tipa helikoptera rađena je na 10 m ispred helikoptera na stajanci. Iz zapisa ove statističke analize može se videti sledeće:

$S = 3531$ - broj uzoraka (vreme uzorkovanja 0,1 s),

$L_1 = 109,5$ dB(A), $L_5 = 104,5$ dB(A),

$L_{10} = 101,5$ dB(A),

$L_{50} = 88,8$ dB(A), $L_{90} = 85,0$ dB(A),

$L_{95} = 83,8$ dB(A),

$L_{99} = 64,3$ dB(A) i $Leq_1 = 97,8$ dB(A)

L_N - nivo buke premašen u N procenata posmatranog vremenskog perioda.

Statistička analiza kod drugog tipa helikoptera rađena je na 15 m ispred helikoptera, a iz zapisa ove statističke analize može se videti sledeće:

$S = 13184$ - broj uzoraka (vreme uzorkovanja 0,1 s),

$L_1 = 101,0$ dB(A), $L_{10} = 98,0$ dB(A),

$L_{50} = 70,0$ dB(A),

$L_{90} = 56,3$ dB(A), $L_{95} = 56,3$ dB(A),

$L_{99} = 56,3$ dB(A),

i $Leq_2 = 90,9$ dB(A)

L_N - nivo buke premašen u N procenata posmatranog vremenskog perioda.

Ekvivalentni nivoi buke (Leq_1 i Leq_2) prelaze dopušteni nivo od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti.

Statističkim analizama u helikopterima obuhvaćene su sledeće aktivnosti: zapuštanje motora helikoptera, rad motora helikoptera, poletanje helikoptera sa stajanke, let i sletanje helikoptera na stajanku.

Iz zapisa statističke analize kod prvog tipa helikoptera sledi:

$S = 39513$ - broj uzoraka (vreme uzorkovanja 0,1 s),

$L_1 = 96$ dB(A), $L_5 = 96,2$ dB(A),

$L_{10} = 94,5$ dB(A),

$L_{50} = 93,5$ dB(A), $L_{90} = 92,5$ dB(A),

$L_{95} = 90,5$ dB(A),

$L_{99} = 88,3$ dB(A) i $Leq_3 = 93,3$ dB(A)

L_N - nivo buke premašen u N procenata posmatranog vremenskog perioda.

Tabela 4

Spektralna analiza infrazvuka na stajanci

Red. br.	Režim rada motora helikoptera	Oktavni nivoi infrazvuka (dB)		
		4 Hz	8 Hz	16 Hz
Kod prvog tipa helikoptera				
1.	Levi na malom gasu i rad pomoćnog motora	74,3	75,4	70,9
2.	Levi i desni na malom gasu	79,3	86,4	87
3.	Desni u korekciji i levi na malom gasu	100,4	102,9	102,1
4.	Desni i levi motor u režimu punog gasa	101,9	103,2	103,6
Kod drugog tipa helikoptera				
1.	Motor na malom gasu	85,3	83,4	80,9
2.	Motor na 43000 o/min i rotor na 387 o/min	90,9	84,1	82,3
3.	Rad motora i rotora pri uzletanju helikoptera	97,9	90,0	89,4

Iz zapisa statističke analize kod drugog tipa helikoptera može se videti sledeće:

$S = 34284$ – broj uzoraka (vreme uzorkovanja 0,1 s),

$L_1 = 97,5$ dB(A), $L_5 = 97$ dB(A),
 $L_{10} = 96,1$ dB(A),

$L_{50} = 95,4$ dB(A), $L_{90} = 94,5$ dB(A),
 $L_{95} = 93,2$ dB(A),
 $L_{99} = 91,3$ dB(A) i $Leq_4 = 95,1$ dB(A)
 L_N – nivo buke premašen u N procenata posmatranog vremenskog perioda.

Ekvivalentni nivoi buke (Leq_3 i Leq_4) prelaze dopušteni nivo od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti.

Snimanje infrazvuka i ultrazvuka obavljeno je na stajanci na 15 m ispred helikoptera i u helikopterima.

Analizom materijala, snimljenog na magnetofonu tipa 7003 na stajanci na 15 m ispred oba tipa helikoptera, na digitalnom frekventnom analizatoru tipa 2131, dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 4 (za infrazvuk) i tabeli 5 (za ultrazvuk).

Na osnovu rezultata spektralnih analiza infrazvuka (tabela 4) može se zaključiti da izmereni oktavni nivoi infrazvuka kod ovih helikoptera ni u jednom oktavnom opsegu pri navedenim režimima rada motora ne prelaze dopuštenu vrednost od 105 dB, koja je određena kao granica za zaštitu od profesionalnog izlaganja infrazvuku [5].

Iz tabele 5 sledi da izmereni nivoi ultrazvuka kod prvog tipa helikoptera ni u jednom trećinskooktavnom opsegu ne

Tabela 5

Spektralna analiza ultrazvuka na stajanci

Red. br.	Režim rada motora helikoptera	Trećinskooktavni nivoi ultrazvuka (dB)					
		20 kHz	25 kHz	31,5 kHz	40 kHz	50 kHz	63 kHz
Kod prvog tipa helikoptera							
1.	Levi i desni na malom gasu	66,4	64,1	60,3	60,7	63,1	2,1
2.	Desni u korekciji i levi na malom gasu	70,6	68,2	64,6	63,3	64,6	63,2
3.	Desni i levi motor u režimu punog gasa	72,9	68,4	64,4	64,0	63,4	62,3
Kod drugog tipa helikoptera							
1.	Motor na malom gasu	85,7	84,1	82,3	80,3	78,3	72,8
2.	Motor na 43000 o/min i rotor na 387 o/min	910,0	86,0	84,9	83,3	79,8	76,1
3.	Rad motora i rotora pri uzletanju	103	101	97,7	93,9	86,2	79,2

Spektralna analiza infrazvuka u helikopterima u toku leta

prelaze dopuštene nivoe koji su određeni za neprekidno izlaganje radnika u trajanju od 8 sati, dok kod drugog tipa helikoptera izmereni nivo ultrazvuka samo u trećinskooktavnom opsegu (sa središnjom frekvencijom od 20 kHz) prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB koja je određena za neprekidno izlaganje radnika u trajanju od 8 sati [6].

Snimanje infrazvuka i ultrazvuka vršeno je i u helikopterima (kod mehaničara iza pilotske kabine kod prvog tipa helikoptera i kod pilota drugog tipa helikoptera).

Analizom snimljenog materijala dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 6 (za infrazvuk) i tabeli 7 (za ultrazvuk).

Na osnovu rezultata spektralnih analiza infrazvuka, prikazanim u tabeli 6, može se zaključiti da izmereni oktavni nivoi infrazvuka kod ovog tipa helikoptera ni u jednom oktavnom opsegu pri navedenim režimima rada motora helikoptera ne prelaze dopuštenu vrednost od 105 dB, koja je određena za zaštitu od profesionalnog izlaganja infrazvuku [5].

Na osnovu rezultata spektralne analize ultrazvuka prikazanim u tabeli 7 utvrđeno je da samo kod drugog tipa

Red. br.	Režim rada motora helikoptera	Oktavni nivoi infrazvuka (dB)		
		4 Hz	8 Hz	16 Hz
Kod prvog tipa helikoptera				
1.	Levi na malom gasu i rad pomoćnog motora	71,2	75,4	78,0
2.	Desni u korekciji i levi na malom gasu	91,0	93,4	94,1
3.	Desni i levi motor u režimu punog gasa	92,7	95,6	98,2
Kod drugog tipa helikoptera				
1.	Motor na malom gasu	86,3	85,4	83,2
2.	Motor na 43000 o/min i rotor na 387 o/min	95,9	90,1	88,7
3.	Rad motora i rotora pri uzletanju helikoptera	101,6	98,1	96,4

helikoptera, jedino u trećinskooktavnom opsegu sa središnjom frekvencijom od 20 kHz, on prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB koja je određena za neprekidno izlaganje radnika u trajanju od 8 sati [6].

Mere za smanjenje uticaja buke

Iz rezultata merenja može se uočiti da buka helikoptera prelazi dopuštene

Tabela 7

Spektralna analiza ultrazvuka u helikopterima u toku leta

Red. br.	Režim rada motora helikoptera	Trećinskooktavni nivoi ultrazvuka (dB)					
		20 kHz	25 kHz	31,5 kHz	40 kHz	50 kHz	63 kHz
Kod prvog tipa helikoptera							
1.	Levi i desni na malom gasu	58,6	58,2	56,4	57,2	59,3	57,4
2.	Desni u korekciji levi na malom gasu	64,8	63,1	59,2	58,6	59,0	58,9
3.	Desni i levi motor u režimu punog gasa	68,9	66,7	62,7	61,8	59,9	59,5
Kod drugog tipa helikoptera							
1.	Motor na malom gasu	91,3	90,1	89,3	88,3	86,3	81,3
2.	Motor na 43000 o/min i rotor na 387 o/min	99,6	96,3	92,5	93,3	87,8	83,8
3.	Rad motora i rotora pri uzletanju	105,8	103,7	101,2	99,2	95,1	90,3

nivoa. Infrazvuk kod ovih tipova helikoptera ne prelazi dopuštene nivoa u posmatranim frekvencijskim opsezima. Spektralnom analizom ultrazvuka kod ovih tipova helikoptera utvrđeno je da on kod drugog tipa helikoptera samo u trećinskooktavnom opsegu sa središnjom frekvencijom od 20 kHz prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB, koja je određena za neprekidno izlaganje radnika u trajanju od 8 sati.

Buka koju stvaraju helikopteri može se smanjiti na više načina, u zavisnosti od toga da li se teži smanjenju buke na samom izvoru ili se želi smanjiti buka preko zaštitnih mera na mestu njenog prijema. Pošto najveći udeo u analiziranoj buci potiče od motora helikoptera, tj. njegovih pojedinih sklopova, glavni pravci za smanjenje buke usmerili bi se na motor, a mogu biti aktivni ili pasivni.

Pod aktivnim postupcima podrazumevaju se oni koji su preduzeti pri samom projektovanju pojedinih sklopova motora. Kod helikoptera se, na primer, sma-

njenje buke rotora može ostvariti smanjenjem brzine obrtanja vrhova krakova rotora.

Pasivne metode zaštite ogledaju se u postavljanju zvučne izolacije oko delova motora ili nekim naknadnim rešenjima i prilagodavanjima.

Svakako najznačajnija realna metoda za smanjenje buke jeste upotreba zaštitnih sredstava. To su prvenstveno štitnici protiv buke koji moraju biti korektno postavljeni i komforni. Zbog potrebe komunikacije, kako sa drugim aviomehaničarima, tako i sa pilotom, javlja se potreba za postavljanjem odgovarajućeg mikrofona na štitnik, kao što je prikazano na slici 1.

Pri izboru zaštitne opreme treba pažljivo razmotriti dokumentaciju zaštitnog sredstva kako bi se obezbedilo da njegove deklarisanе atenuacije po frekventnim opsezima svedu nivoa buke na radnom mestu ispod dopuštenog nivoa. Za vazduhoplove je, uglavnom, potrebno predvideti štitnike sa izrazitom atenuacijom u



Sl. 1 - Modeli štitnika sa mikrofona

frekventnim opsezima sa središnjim frekvencijama u opsegu 2 do 8 kHz. Ukoliko se želi kvalitetnija zaštita za ljudstvo pored helikoptera, štitnici koji bi se koristili za rad morali bi imati i nešto veće nivoe atenuacije na nižim frekvencijama od onih koje bi se koristile za rad sa helikopterima. U tabeli 8 prikazani su podaci o atenuaciji buke kod modela 1 (slika 1).

Tabela 8

Nivoi atenuacije po frekventnim opsezima

Podaci o atenuaciji buke za model 1							
Centralna frekvencija (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuacija (dB)	17,6	25,0	30,9	33,9	36,9	39,0	35,7

Model 2 štitnika sa mikrofonom pruža dobru zaštitu sluha, ima komforne školjke za uši ispunjene tečnošću, omogućava dobar kvalitet komunikacija u uslovima visoke buke, poseduje izuzetno kvalitetan mikrofoni i funkcionalan je u svim vremenskim uslovima. Ovaj model koristi se kao standardna oprema u održavanju aviona, helikoptera i u drugim oblastima gde su zastupljeni izuzetno visoki nivoi buke i obezbeđuje dvosmernu komunikaciju (two-way communications facilities).

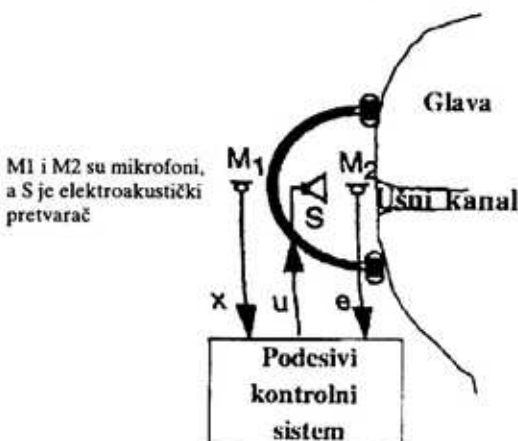
Pošto do ušiju članova posade može dopreti buka kroz štitnik, a tu su i ometajući signali iz komunikacijskih sistema, pojavila se potreba za razvijanjem sistema za prigušenje buke koji se naziva ANR sistem (sistem za aktivnu redukciju buke – slika 2) ili ENC sistem (Electronic Noise Cancellation System).

Ovaj sistem ostvaruje se postavljanjem minijaturnog mikrofona u ušnu školjku odmah do slušnog elementa i što je bliže moguće ulazu u slušni kanal. Mikrofoni je osetljiv na buku koja dolazi

do uha. Signal koji proizvodi osetljivi mikrofoni predstavlja buku koja prodire kroz barijeru koja obezbeđuje pasivnu atenuaciju, a sastoji se, prvenstveno, od niskih frekvencija. Ovaj signal se odvodi u elektronski deo gde je inverziono kolo u kojem se signal fazno invertuje, zatim pojačava pomoću pojačavača i vodi do zvučnika, stvarajući tzv. „antibučni“ signal koji eliminiše buku koja je prodrla kroz štitnik.

Pored već navedenih sistema sve veću primenu nalazi i koncept slušanja i govora kroz uvo. Na tržištu se javljaju novi dvosmerni sistemi slušanja i govora, kao, na primer, sistem prikazan na slici 3, koji u velikoj meri pojačavaju efikasnost u području govorne komunikacije.

Pošto su mikrofoni i zvučnik smešteni u ušima, eliminišu se ponekad nepovoljni mikrofoni za usta ili ruku, koji su na jakom vetru skoro neupotrebljivi. Glas se prenosi preko tkiva glave, te nema nikakvih spoljnih šumova. Ušni mikrofoni je neprimetan i korisnik ga nosi bez teškoća, tako da je ovaj aparat izuzetno primenljiv u sigurnosne svrhe. „Mini-uvo“ omogućava slobodu ruku za radne zadatke i ni u kom slučaju ne ograničava polje pogle-



Sl. 2 – Sistem za aktivnu redukciju buke

da. Ovaj sistem obezbeđuje i vrlo jasan govor u bučnom okruženju, što ga upravo i čini idealnim za rad na aerodromima, a i za vojne komunikacije. Pogodnost sistema jeste i da se može koristiti sa svim radio-uređajima koji se mogu naći na tržištu.



Sl. 3 – Dvosmerni sistem slušanja i govora

Pored štitnika za zaštitu od buke neophodno bi bilo koristiti i kacige za zaštitu od buke, jer bi se na taj način efikasno smanjio prenos buke do unutrašnjeg uha, kako vazдушnim tako i koštanim putem, a izbegle bi se i eventualne povrede glave do kojih može doći pri radu ispod trupa helikoptera.

Pored atenuacije buke vrlo je važno istaći i neophodnost maksimalnog komfora u toku nošenja sredstava lične zaštite, jer je njihovo stalno korišćenje od vitalnog značaja za efikasnu zaštitu.

Treba istaći da nije dovoljno samo nabaviti zaštitna sredstva, jer njihovo ne-

pravilno korišćenje i rukovanje umanjuje zaštitni efekat. Zbog toga je potrebno sprovesti obuku lica koja koriste ova sredstva, a istu da sprovodi obučeno lice [2, 3, 4, 6].

Zaključak

Izmereni ukupni nivoi buke, oktavni nivoi zvučnog pritiska i dobijeni nivoi za Leq kod ispitivanih helikoptera prelaze dopuštene nivoe koje propisuje Pravilnik, s obzirom na vrstu delatnosti i odnos osoblja prema izvoru buke. Izmereni nivoi buke prelaze i nivo od 85 dB(A), koji je u Pravilniku definisan kao najviši dopušteni nivo za izlaganje buci sa aspekta zaštite sluha od oštećenja. Izmereni oktavni nivoi infrazvuka ni u jednom oktavnom opsegu pri navedenim režimima rada motora posmatranih tipova helikoptera ne prelaze dopuštenu vrednost od 105 dB, koja je određena za zaštitu od profesionalnog izlaganja infrazvuku. Izmereni nivoi ultrazvuka kod drugog tipa helikoptera samo u trećinskooktavnom opsegu sa središnjom frekvencijom od 20 kHz prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB, koja je određena pri neprekidnom izlaganju radnika u trajanju od 8 sati.

Literatura:

- [1] P. Pejić, Vojni helikopteri, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1993, str. 129-135.
- [2] M JP Owen, Noise induced hearing loss in military helicopter aircrew-a review of the evidence. J.R. Army Med Corps 1995; 141:98-101.
- [3] O. A. Воробьев, Ю. В. Крылов, В. В. Зарицкий, С. В. Скребнев, Г. Е. Шербаченко. Современные подходы к проблеме шума как экологическому фактору в авиационной медицине. Медицина труда и промышленная экология. Вол 1. 1999:39-43.
- [4] Pravilnik o merama i normativima zaštite na radu od buke u prostorijama. Službeni list SFRJ 1992; 21:310-316.
- [5] Гигиенические нормы инфразвука на рабочих местах. Минздрав СССР.-М. 1980; 2274-2280.
- [6] IRPA / INIRC Guidelines. Guidelines on human exposure to airborne ultrasound Health Phys 1984; 46; 972-974.