

**Dejan Živković,**  
dipl. inž.

**Doc. dr sc. med.**

**Miroslav Hrnjak,**

pukovnik

**Gradimir Basarić,**

dipl. inž.

**Nebojša Pešić,**

el. tehničar

Institut za medicinu rada ZPM VMA,

Beograd

## **IZLOŽENOST AVIOMEHANIČARA BUCI, INFRAZVUKU I ULTRAZVUKU OKO MLAZNOG AVIONA**

UDC: 534.6:[621.45:623.746]

### *Rezime:*

*Ljudstvo koje radi na održavanju mlaznih aviona izloženo je buci, infrazvuku i ultrazvuku. Cilj rada bio je da se izmere ukupni nivoi buke i izvrši njena oktavna analiza, kao i da se izmere nivoi infra i ultrazvuka oko jednog tipa nadzvučnog mlaznog aviona. Rezultati merenja pokazali su da ukupni nivoi buke i oktavni nivoi zvučnog pritiska u posmatranim režimima rada motora prelaze dopuštene nivoe. Izmereni oktavni nivoi infrazvuka, samo za režim forsaža, prelaze dopuštenu vrednost. Spektralnom analizom ultrazvuka utvrđeno je da prelazi dopušteni nivo u trećinskooktavnom pojasu sa centralnom frekvencijom od 20 kHz.*

*Ključne reči: buka, infrazvuk, ultrazvuk, aviomehaničari, mlazni avioni, zaštita od buke.*

---

## **EXPOSURE TO NOISE, INFRASOUND AND ULTRASOUND OF JET AIRPLANE**

### *Summary:*

*The personnel working on the maintenance of jet airplane is exposed to: noise, ultrasound and infrasound. The aim of the work was to measure the entire noise level, accomplish its octave analysis and measure ultrasound and infrasound levels around the jet airplane. The results of measurement showed that the entire noise levels and octave sound level pressures in the observed work regimes of airplane motors exceed permissible levels. The measured octave infrasound levels exceed the permissible level in any octave band only for the after-burning regime. The ultrasound spectrum analysis showed that the ultrasound exceeds the permissible level in the third octave band with the mid frequency of 20 kHz.*

*Key words: Noise, infrasound, ultrasound, aviomechanics, jet airplanes, protection against noise.*

---

### **Uvod**

Savremeni avioni izuzetno su složeni, pa je neophodno obezbediti njihovo efikasno održavanje. Ovu aktivnost obavlja vazduhoplovnotehnička služba održavanja, koja obavlja niz postupaka i radova, radi kontrole stanja, pravilnog korišćenja i održavanja vazduhoplova. Tu spa-

daju: pregledi pre upotrebe vazduhoplova, pregledi u toku i posle upotrebe, povremeni pregledi, opšti pregledi, vanredni pregledi i smotre vazduhoplova, opšte i druge opravke, itd. Ova služba obuhvata niz profila: aviomehaničare, avioelektričare, aviooružare, avioinstrumentariste i dr.

Sa problemom buke vazduhoplovstvo se suočilo još na početku svog razvoja, a u novije vreme sa razvojem motora velike propulzivne moći problem buke dobio je još više na značaju. Naime, buka koju generišu vazduhoplovi štetno deluje na posadu vazduhoplova, zatim na ljudstvo koje opslužuje vazduhoplove, kao i na stanovništvo koje živi i radi u blizini aerodroma.

U ovom radu razmatrani su buka, ultrazvuk i infrazvuk koji se javljaju oko jednog tipa nadzvučnog mlaznog aviona, a deluju na pripadnike službe održavanja aviona, koji rade na betonskim stajankama. Stajanka je otvoreni prostor različitih dimenzija, a može biti travnat ili popločan betonskim pločama. Nalazi se u neposrednoj blizini poletno-sletne staze (piste), sa kojom je povezana rulnom stazom, a na njoj se postavljaju avioni neposredno pred poletanje ili nakon izvršenog leta. Na stajanci se obavlja: vuča aviona, popuna aviona, odgovarajući prepoletni, međuletni i posleletni pregledi prema postojećim propisima, a na njoj je i „probni sto“ (prostor na kome se obavlja provera ispravnosti motora i sistema aviona nakon otklanjanja većih neispravnosti).

Pregledima se utvrđuje ispravnost aviona i njihova sposobnost za neposredno izvršavanje letačkih zadataka. Na svim pregledima obavlja se provera rada motora vazduhoplova, a motori upravo i predstavljaju osnovne izvore buke kojoj je izloženo ljudstvo na stajankama. Motori, tj. pogonske grupe, mogu biti elisomotorni ili mlazni.

U prvu grupaciju spadaju klipni motori i turboprop motori (turboelisni motori). Avioni sa klipnim motorima mogu imati 1 do 8 motora, počev od jednog koji je montiran u trupu aviona sa vuč-

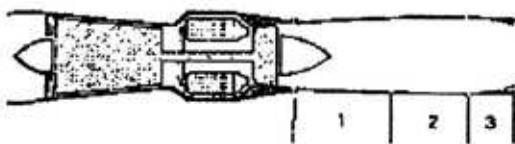
nom ili potisnom elisom, pa sve do 4 do 8 motora postavljenih u gondolama duž krila. Turboprop motori ili turboelisna pogonska grupa izvedena je kao gasna turbina, ali je dopunjena mehaničkim prenosom (reduktorom) koji pokreće elisu. Elisa proizvodi izražajnu buku (sa aspekta dejstva buke na čoveka) u odnosu na buku motora, što je posebno izraženo ako se čovek nalazi u ravni ose elise.

Razvoj mlaznih motora omogućio je letenje nadzvučnim brzinama. Mlazni motori su gasne turbine koje svoj rad zasnivaju na principu reakcije. Uobičajenu konstrukciju mlaznih motora sačinjava: kompresor, komora za sagorevanje, turbina i mlaznice za isticanje sagorelih gasova velikom brzinom, čime se stvara jak potisak. Kompresor proizvodi visokofrekventnu buku koja se lako priгуšuje, a znatno opada sa povećanjem rastojanja od njenog izvora. Mlaz izduvnih gasova proizvodi niskofrekventnu buku velikog intenziteta, koja se bitno povećava sa povećanjem broja obrtaja motora, odnosno sa povećanjem brzine isticanja mlaza, a ova buka se širi daleko u prostor.

Za pogon borbenih aviona koriste se turbomlazni motori (TMM), pri čijem su konstruisanju primenjena vrhunska tehnička i tehnološka dostignuća. TMM (jednorotorni, dvorotorni i dvostrujni turboventilatorski motori) obično se klasifikuju na osnovu konstruktivnih koncepcija, i to na TMM bez naknadnog sagorevanja i TMM sa naknadnim sagorevanjem – forsajem (ovi motori su razvijeni za pogon nadzvučnih aviona). Razlika je u ugradnji komore naknadnog sagorevanja iza turbine, čime izduvni gasovi iz motora dobijaju veću energiju, povećava se brzina isticanja, a time i potisak.

Osnovni izvor buke kod posmatranog tipa nadzvučnog mlaznog aviona

predstavlja njegov jednorotorni turbomlazni motor sa naknadnim sagorevanjem (slika 1) [1-3].



Sl. 1 – Šematski prikaz jednorotornog turbomlaznog motora sa naknadnim sagorevanjem:  
1 – difuzor, 2 – komora za naknadno sagorevanje, 3 – mlaznik promjenljivog preseka

Pored rada motora aviona u različitim režimima, buku stvaraju i agregati za zupuštanje motora aviona, cisterne sa gorivom i vučna vozila. Lica koja rade na radnim mestima koja su u ovom radu analizirana podležu periodičnim pregledima zdravstvenog stanja, s tim da je poseban naglasak na audiometriji. Za ova radna mesta, od zaštitnih mera predviđeno je korišćenje ušnih štitnika protiv buke (JUS Z.B1.350).

Cilj ovog rada bio je da se izmere ukupni nivoi buke i izvrši njena oktavna analiza, kao i da se izmere nivoi infrazvuka i ultrazvuka oko jednog tipa nadzvučnog mlaznog aviona.

### Oprema i metode istraživanja

Merenje buke, infrazvuka i ultrazvuka obavljeno je oko jednog tipa nadzvučnog mlaznog aviona u toku pregleda na stajanci (sa betonskom podlogom) i na probnom stolu. Buka je merena na sedam aviona ovog tipa, prilikom proba motora u različitim režimima rada.

Za merenje ukupnog nivoa buke korišćen je modularni precizni merač nivoa zvuka tipa 2231 sa oktavnim filterom tipa 1625. Ukupni nivo buke meren je na radnim mestima aviomehaničara pri raz-

ličitim režimima rada motora, i to: pored agregata za zupuštanje motora aviona, pored uvodnika, na rastojanju 3 m ispred aviona, iza krila aviona na udaljenosti 0,5 m od repnog dela, na rastojanju 10 m i 15 m ispred aviona, kod rukovodioca odeljenja i mehaničara ispod aviona, kod rukovodioca odeljenja (kod instrumenata za podešavanje) na udaljenosti 5 m desno od aviona, u kabini pilota aviona, pored cisterne sa gorivom i boca sa vazduhom. Za merna mesta uzimane su tačke gde se najčešće nalaze ili kreću pripadnici službe održavanja. Gde je bilo moguće urađena je oktavna analiza nivoa zvučnog pritiska.

Za određivanje ekvivalentnog nivoa buke (Leq) korišćene su metode lične dozimetrije i statističke analize. Ekvivalentni nivo buke određen je na dva načina: korišćenjem ličnih dozimetara za buku tipa 4434 sa mikrofonom tipa 4130, i korišćenjem mernog lanca koji se sastojao od mikrofona tipa 4165, pretpojačavača tipa 2619 i statističkog analizatora nivoa zvuka tipa 4426. Za vreme redovne aktivnosti dozimetre su nosili članovi merne ekipe, rukovodilac grupe i aviomehaničari, tako da su mikrofoni iz kompleta postavljeni na štitnicima za zaštitu od buke. Dozimetar je radio u režimu „on“ (u slučaju kada su ih nosili članovi merne ekipe) i „call“ (kada su ih nosili aviomehaničari).

Statistička analiza nivoa zvuka izvršena je na stajanci i na probnom stolu.

Merenja su obavljana na način koji propisuje Pravilnik o opštim merama i normativima zaštite od buke u radnim prostorijama (Sl. list SFRJ br. 21/2 iz 1992. god.) [4]. Prema njemu je vršeno i normiranje, a korišćen je kriterijum – dopušteni nivo s obzirom na vrstu delatnosti (tabela 1 Pravilnika), dok su za oktavnu analizu korišćene vrednosti ni-

voa zvučnog pritiska u oktavnim pojasevima (tabela 4 Pravilnika).

Snimanje infra i ultrazvuka obavljano je na udaljenosti 5 m bočno od kabine pilota aviona. Za snimanje infrazvuka korišćeni su: mikrofoni tipa 4165, precizni impulsni merač nivoa zvuka tipa 2209 i magnetofon tipa 7003. Za snimanje ultrazvuka korišćeni su: mikrofoni tipa 4135, precizni impulsni merač nivoa zvuka tipa 2209 i magnetofon 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 [5]. Za normiranje dobijenih rezultata spektralne analize ultrazvuka korišćene su norme iz Privremenog uputstva o granicama ekspozicije ljudi ultrazvuku iz vazduha, koji je propisao Međunarodni komitet za nejonizujuće zračenje Međunarodnog udruženja za zaštitu od zračenja, 1984. godine [6].

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

## Rezultati istraživanja

### *Merenja na stajanci*

Izmereni ukupni nivoi buke u toku zapaštanja i različitih režima rada motora aviona na stajanci prikazani su u tabeli 1. Može se uočiti da izmereni nivoi buke prelaze dopušteni nivo od 75 dB(A), koji je određen s obzirom na vrstu delatnosti i odnos aviomehaničara prema izvoru buke. Spektralnom analizom utvrđeno je da oktavni nivoi zvučnog pritiska u nave-

denim režimima rada motora uglavnom znatno prelaze dopuštene vrednosti određene normativnom krivom N-70, posebno u oblasti visokih frekvencija.

U tabeli 2 prikazani su ekvivalentni nivoi buke za posmatrani interval od 120 minuta, očitani na ličnim dozimetrima za buku, koje su nosili članovi merne ekipe.

Pošto su se članovi merne ekipe u toku posmatranog perioda nalazili uz mehaničare, može se reći da ekvivalentni nivoi buke prelaze dopušteni nivo buke od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti kojom se bave mehaničari.

Statističkom analizom buke na stajanci obuhvaćene su sledeće aktivnosti: popuna gorivom, rad agregata za zapaštanje motora aviona, polazak aviona sa stajanke, poletanje aviona sa piste (200 m od odmorišta – mesto gde se obavljaju dogovori, odgovarajuće pripreme i boravi u toku dana), višestruki preleti aviona (300 do 400 m nad stajankom), sletanje aviona i parkiranje aviona. Iz statističke analize merenja obavljenog između aviona na stajanci može se uočiti:

$S = 23954$  – broj uzoraka (vreme uzorkovanja 0,1 s),

$L_1 = 107,3$  dB(A),  $L_{10} = 93,5$  dB(A),  
 $L_{50} = 71,3$  dB(A),

$L_{90} = 60,8$  dB(A),  $L_{95} = 56,3$  dB(A),  
 $L_{99} = 66,3$  dB(A) i

$Leq = 94,0$  dB(A) što prelazi dopušteni nivo od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti.

Ekvivalentni nivo buke prelazi dopušteni nivo buke od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti.

Analizom snimljenog materijala, sa magnetofona tipa 7003, na digitalnom frekventnom analizatoru tipa 2131 dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 3.

Merenja i analiza buke pored aviona na betonskoj stajanci

Red. br.	Mesto merenja	Izvor buke	Nivo buke u dB(A)	Dopušteni nivo buke u dB(A)	Oktavni nivoi zvučnog pritiska u dB								
					31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1.	Pored agregata	rad motora agregata	96-100	75	83	85	93	92	86	83	80	79	72
2.	Pored uvodnika	motor na malom gasu	105-108	75									
3.	Kod mehaničara na stepenicama	motor na malom gasu	105	75									
4.	Na 3 m levo od aviona	motor na malom gasu	103-105	75	86	90	88	86	83	82	82	89	93
5.	Na 3 m levo od aviona	motor u SPS režimu	108-110	75	90	108	100	99	87	89	88	96	107
6.	Kod mehaničara na 1 m iza krila	motor na malom gasu	105-107	75									
7.	Kod mehaničara na 1 m iza krila	motor u SPS režimu	115-117	75									
8.	Na 15 m ispred mesta za parkiranje	motori četiri aviona na malom gasu	do 109	75									
9.	Na 15 m ispred mesta za parkiranje	motori šest aviona na malom gasu	112	75									
10.	Na 10 m ispred mesta za parkiranje	parkiranje dva aviona	99-105	75									
11.	Pored komandne table cisterne sa gorivom	rad motora i kompresora cisterne	94	80	86	93	96	95	92	92	97	92	90
12.	Pored boca sa vazduhom, na vozilu	punjenje aviona vazduhom	84	80									

Ošćenena polja označavaju opsege u kojima je došlo do premašenja dopuštenih nivoa zvučnog pritiska

Ekvivalentni nivoi buke

Red. br.	Nosilac	Očitana vrednost u %	Leq dB(A)
1.	Prvi član ekipe	37*	93
2.	Drugi član ekipe	42*	94
3.	Treći član ekipe	38*	93

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

Na osnovu rezultata spektralne analize infrazvuka, prikazanih u tabeli 3, može se zaključiti da izmereni oktavni nivoi infrazvuka ni u jednom oktavnom opsegu, pri navedenim režimima rada

Tabela 2

motora aviona, ne prelaze dopuštenu vrednost od 105 dB (određena radi zaštite od profesionalnog izlaganja infrazvuku [5]).

Analizom snimljenog materijala, sa magnetofona tipa 7006, na digitalnom

Tabela 3

Spektralna analiza infrazvuka

Red. br.	Režim rada motora aviona	Oktavni nivoi infrazvuka u dB		
		4 Hz	8 Hz	16 Hz
1.	Mali gas	77	79	80
2.	SPS režim - 60% snage motora	87	89	90
3.	Režim grejanja (90%)	91	95	97

## Spektralna analiza ultrazvuka

Red. br.	Režim rada motora aviona	Trećinskooktavni nivoi ultrazvuka u dB					
		20 kHz	25 kHz	31,5 kHz	40 kHz	50 kHz	63 kHz
1.	Zapuštanje motora – mali gas	84,6	81,2	79,7	76,8	73,0	70,2
2.	SPS režim	87,4	84,4	85,6	77,3	75,5	70,9

frekventnom analizatoru tipa 2131 dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 4.

Na osnovu rezultata spektralne analize ultrazvuka utvrđeno je da on u trećinskooktavnom opsegu sa središnjom frekvencijom od 20 kHz prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB, koja je određena za neprekidno izlaganje radnika za 8 sati, dok u ostalim opsezima ne prelazi dopuštenu vrednost od 110 dB za isti period [6].

## Merenja na „probnom stolu“

Izmereni ukupni nivoi buke u toku zapuštanja i različitih režima rada motora

aviona na probnom stolu, prikazani su u tabeli 5. Može se uočiti da izmereni nivoi buke prelaze dopušteni nivo od 75 dB(A) koji je određen s obzirom na vrstu delatnosti i odnos aviomehaničara prema izvoru buke. Spektralnom analizom utvrđeno je da oktavni nivoi zvučnog pritiska

## Merenja i analiza buke pri proveru motora aviona na „probnom stolu“

Red. br.	Mesto merenja	Izvor buke	Nivo buke u dB(A)	Dopušteni nivo buke u dB(A)	Oktavni nivoi zvučnog pritiska u dB								
					31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1.	Kod rukovodioca odeljenja, na 5 m desno od aviona	motor aviona na malom gasu	110–112	75	109	102	102	103	91	92	96	104	108
2.	Kod rukovodioca odeljenja ispod aviona	motor u SPS režimu	115	75									
3.	Kod rukovodioca odeljenja ispod aviona	motor aviona na 90% snage	123	75									
4.	Kod rukovodioca odeljenja, na 5 m desno od aviona	motor aviona na 100% snage	119–120	75	99	106	104	112	111	112	111	108	109
5.	Kod rukovodioca odeljenja, na 5 m desno od aviona	motor na max. forsažu	do 126	75									
6.	Kod rukovodioca odeljenja ispod aviona	motor na max. forsažu	do 130	75									
7.	Kod rukovodioca odeljenja, na 5 m desno od aviona	motor na min. forsažu	121–123	75									
8.	Kod mehaničara u otvorenoj kabini	motor na malom gasu	95–98	75									
9.	Kod mehaničara iza levog krila	motor aviona na 90% snage	118–122	75									
10.	Kod mehaničara na 2 m levo od kabine	motor aviona na 100% snage	118–120	75									

Osnena polja označavaju opsege u kojima je došlo do premašenja dopuštenih nivoa zvučnog pritiska

u navedenim režimima rada motora uglavnom znatno prelaze dopuštene vrednosti određene normativnom krivom N-70, posebno u oblasti visokih frekvencija.

U tabeli 6 prikazani su ekvivalentni nivoi buke, za posmatrani interval od 40 minuta, očitani na ličnim dozimetrima za buku.

Tabela 6

*Ekvivalentni nivoi buke*

Red. br.	Nosilac	Očitana vrednost na instrumentu	Leq dB(A)
1.	Rukovodilac odeljenja	9998 p*	104
2.	Mehaničar 1	9903 p*	103
3.	Mehaničar 2	9854 p*	103

\* upozorenje da je nosilac dozimetra izložen buci čiji nivo povremeno premašuje 115 dB(A)  
p - nivo buke povremeno prelazi 140 dB

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

Iz statističke analize buke koja se javlja na probnom stolu, pri navedenim režimima rada motora aviona na 5 m bočno od aviona može se uočiti:

$S = 28511$  - broj uzoraka (vreme uzorkovanja 0,1 s),

$L_1 = 123,8$  dB(A),  $L_{10} = 119,3$  dB(A),  
 $L_{50} = 104,3$  dB(A),

$L_{90} = 101,8$  dB(A),  $L_{95} = 101,3$  dB(A),  
 $L_{99} = 86,8$  dB(A), i

$Leq = 114,1$  dB(A), što prelazi dopušteni nivo od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti.

Tabela 7

*Spektralna analiza infrazvuka*

Red. br.	Režim rada motora aviona	Oktavni nivoi infrazvuka u dB		
		4 Hz	8 Hz	16 Hz
1.	Zapuštanje motora - mali gas	775	78	81
2.	SPS režim	84	86	90
3.	100% snage	89	95	95
4.	Min. forsaž	106	111	111

Analizom snimljenog materijala sa magnetofona tipa 7003, na digitalnom frekventnom analizatoru tipa 2131 dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 7.

Na osnovu rezultata spektralne analize infrazvuka može se zaključiti da izmereni oktavni nivoi infrazvuka za režim forsaža prelaze dopuštenu vrednost od 105 dB, koja je određena za zaštitu od profesionalnog izlaganja infrazvuku [5].

Analizom snimljenog materijala, sa magnetofona tipa 7006, na digitalnom frekventnom analizatoru tipa 2131 dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 8.

Na osnovu rezultata spektralne analize ultrazvuka utvrđeno je da on u trećinskooktavnom opsegu sa središnjom frekvencijom od 20 kHz prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB koja je određena za neprekidno izlaganje radnika za 8 sati, a u ostalim opsezima ne prelazi dopuštenu vrednost od 110 dB za isti period [6].

Tabela 8

*Spektralna analiza ultrazvuka*

Red. br.	Režim rada motora aviona	Trećinskooktavni nivoi ultrazvuka u dB					
		20 kHz	25 kHz	31,5 kHz	40 kHz	50 kHz	63 kHz
1.	Zapuštanje motora - mali gas	88,7	83,3	83,7	76,2	71,0	66,1
2.	Motor aviona na 90% snage	95,2	90,0	88,3	83,4	81,0	75,0

*Osnovni pravci zaštite*

Buka koju stvaraju savremeni vazduhoplovi može se smanjiti na više načina, u zavisnosti od toga da li se teži smanjenju buke na samom izvoru ili se želi smanjiti buka putem zaštitnih mera na mestu njenog prijema. Pošto najveći udeo u analiziranoj buci imaju motori vazduhoplova, tj. njihovi pojedini sklopovi, glavni pravci za smanjenje buke morali bi se

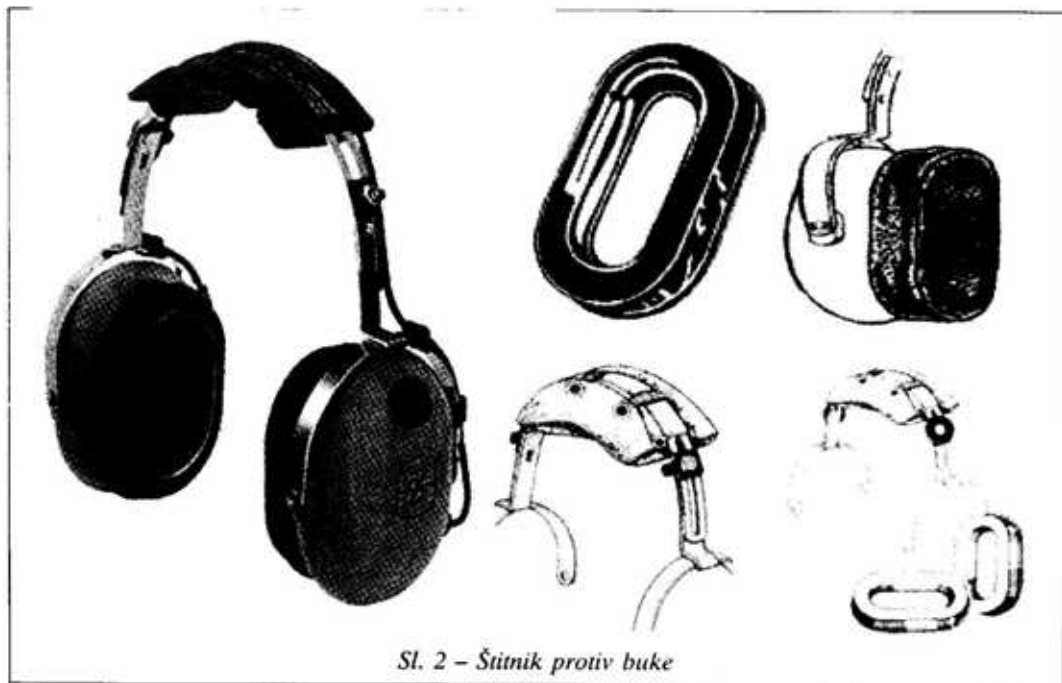
usmeriti na motore, i bili bi aktivni i pasivni.

Aktivnim postupcima za smanjenje buke nazivaju se oni koji se preduzimaju pri projektovanju pojedinih sklopova motora (izbor optimalnog broja optica statorskog i rotorskog sklopa, izbor odgovarajućeg mlaznika, itd.), kao i smanjenju brzine isticanja mlaza (ostvaruje se smanjenjem radne temperature ciklusa ili smanjenjem stepena širenja mlaznika, povećanjem obima otvora mlaznika – pri nepromenjenom preseku), a najveći napredak ostvaren je konstrukcijom i korišćenjem dvostrujnih turbomlaznih motora.

Pasivni postupci za smanjenje buke ogledaju se u postavljanju zvučne izolacije oko delova motora (uvodnika vazduha, mlaznika, pojedinih strujnih kanala, gondole motora, kućišta agregata, itd.), kao i naknadnim rešenjima i prilagođavanjima. Zvučna izolacija mora da udovolji sledećim zahtevima: masa i debljina ma-

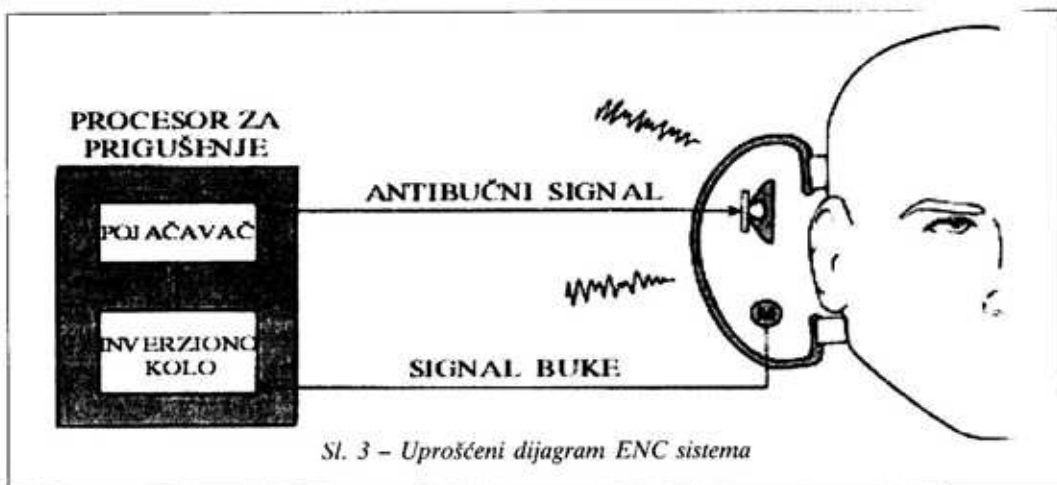
terijala mora da bude što je moguće manja, a materijal otporan na visoke temperature i pritiske i da je visokih antizvučnih karakteristika.

Navedeni pravci zaštite od buke uvek predstavljaju veliku investiciju, pa se često kao jeftina i efikasna mogućnost preduzima poboljšavanje sredstava lične zaštite ljudstva, pre svega štitnika protiv buke, koji na pasivan način smanjuju buku u širokom čujnom opsegu, a predstavljaju i dobru zaštitu od dejstva ultrazvuka. Uz svaki od štitnika daje se odgovarajuća deklaracija sa prikazom atenuacija u pojedinim opsezima. Štitnik protiv buke (slika 2) uglavnom ne ostvaruje zadovoljavajuće smanjenje buke na nižim frekvencijama (ispod 200 Hz), a to je opseg koji je posebno interesantan, jer neki vazduhoplovi, među kojima posebno mesto zauzimaju helikopteri, generišu vrlo visoke nivoe buke upravo na ovim frekvencijama. Posao aviomehaničara na



Sl. 2 - Štitnik protiv buke





stajanci zahteva i neprekidno osluškivanje okoline, a postoji i potreba komunikacije sa drugim aviomehaničarima i sa pilotom, pa se javlja i potreba za ugradnjom odgovarajućeg mikrofona u štitnik [2, 6].

Aktivna redukcija neželjene buke ostvaruje se generisanjem signala koji ima isti nivo zvučnog pritiska – Sound Pressure Level (SPL), ali suprotne faze od neželjene buke i na taj način se ostvaruje efekat prigušivanja. Zbog toga je razvijen sistem za prigušenje buke ili ENC sistem (Electronic Noise Cancellation System), prikazan na slici 3.

Štitnik protiv buke sastoji se od: ušnih zaptivača ispunjenih gelom, mekanih dvostrukotkanih pamučnih ušnih pokrivača (idealni za toplo i vlažno vreme, jer mogu apsorbovati znoj i mogu se prati), stremena, tj. poveza za glavu i mekanog (penom ispunjenog) jastuka koji obezbeđuje komforno nošenje štitnika.

Pored već navedenih štitnika i ENC sistema, zbog izuzetno visokih nivoa buke (iznad 100 dB) potrebno je koristiti i zaštitnu kacigu protiv buke. Praktična je zaštitna kombinacija sastavljena od štit-

nika protiv buke sa mikrofonom, sistema za prigušenje buke i odgovarajuće kacige (slika 4).

Zaštitna kaciga izrađuje se od kompozitnih materijala što je čini veoma lakom. Kaciga se obično sastoji od tri dela: štitnika za potiljak, podšlemnika i ljuštore kacige. Korišćenjem prikazane zaštitne kombinacije efikasno bi se smanjio prenos buke do unutrašnjeg uha, kako vazдушnim tako i koštanim putem, a izbegle



Sl. 4 – Zaštitna kaciga u kombinaciji sa štitnikom sa ENC sistemom

bi se i eventualne povrede glave do kojih može doći pri radu ispod trupa vazduhoplova.

Valja istaći da nije dovoljno samo nabaviti zaštitna sredstva, jer nepravilno nošenje i rukovanje umanjuje njihov zaštitni efekat, već je potrebno sprovesti i obuku u korišćenju ovih sredstava [2, 3]. Takođe, neophodno je planirati i organizovati rad na stajankama i „probnim stolovima“ (zadržavanje samo neophodnog ljudstva), regulisati način kretanja i zadržavanja u zoni izvora buke i sl.

Udeo u smanjenju buke ima i letačko osoblje. Brže penjanje vazduhoplova (na većim napadnim uglovima) sužava oblast ugroženu bukom, kao i izvlačenje zakrilaca i stajnih organa pre sletanja. Naravno, navedene mere imaju ograničeni domet, jer se teško mogu primeniti u već ranije definisanim uslovima sletanja i uzletanja na aerodromima.

Projektanti aerodroma i pratećih objekata treba da vode računa o merama za smanjenje buke. Pogodnim izborom pravca piste, lokacijom „probnih stolova“, uzimanjem u obzir meteoroloških i terenskih karakteristika okoline može se znatno smanjiti buka koja dopire do aerodromskog osoblja, pa i do stanovništva koje živi u blizini aerodroma [3].

## Zaključak

Izmereni ukupni nivoi buke, oktavni nivoi zvučnog pritiska i dobijene vredno-

sti za Leq prelaze propisane dopuštene nivoje. Spektralnom analizom infrazvuka utvrđeno je da izmereni oktavni nivoi infrazvuka, samo za režim forsaja, prelaze dopuštenu vrednost od 105 dB, koja je određena radi zaštite od profesionalnog izlaganja infrazvuku. Nivo ultrazvuka u trećinskooktavnom opsegu sa centralnom frekvencijom od 20 kHz prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB koja je određena za neprekidno izlaganje za 8 sati, a u ostalim opsezima ne prelazi dopuštenu vrednost od 110 dB za isti period.

Ljudstvo koje opslužuje vazduhoplove na stajankama izloženo je intenzivnoj „aerodromskoj buci“ koju izaziva istovremeni rad, poletanje ili sletanje više vazduhoplova. Najveći zaštitni efekat ima pravilno nošenje zaštitne opreme, tj. ušnih štitnika i kaciga za zaštitu od buke, dok tvrdnje o adaptaciji na buku predstavljaju zabludu.

## Literatura:

- [1] Živković, S.: Mlazni motori borbenih aviona – stanje i razvoj. *Novi glasnik* 1994; 5-6: 67-78.
- [2] Owen, M. J. P.: Noise induced hearing loss in military helicopter aircrew- a review of the evidence. *J. R. Army Med Corps* 1995: 141:98-101.
- [3] Bojanović, M.: Problemi buke u vazduhoplovstvu. *Glasnik RV i PVO* 1985; 1-2: 12-8.
- [4] Pravilnik o merama i normativima zaštite na radu od buke u prostorijama. *Službeni list SFRJ* 1992; 21: 310-6.
- [5] Gigijeničke norme infrazvuka na radnim mestima. *Minzdrav SSSR.* - M.1980; 2274-80.
- [6] IRPA/INIRC Guidelines. Guidelines on human exposure to airborne ultrasound *Health Phys* 1984; 46: 972-4.