

PRIMJENA STANDARDA IZ PODRUČJA MJERENJA BUKE U LABORATORIJAMA

IMPLEMENTATION OF NORMS FROM AREA OF NOISE MEASUREMENT IN LABORATORIES

**Prof.dr. Nermina Zaimović-
Uzunović, dipl.inž.
Univerzitet u Zenici, Mašinski
fakultet, Zenica**

**Narcisa Jarović, dipl.inž.
Univerzitet u Zenici,
Metalurški institut „Kemal
Kapetanović“, Zenica**

REZIME

Mjerni instrumenti i metode koje se primjenjuju za mjerenje buke moraju biti u skladu sa standardima. Standardi uključuju :

- *uslove za mjerne instrumente,*
- *mjerne metode za različite tipove mašina i*
- *mjerne metode koje definiraju uticaj buke na čovjeka i procjenu buke i štetnih efekata.*

Najvažniji standardi u ovom području su IEC (International Electrotechnical Commission) i ISO , pri čemu IEC je nadležan u području konstrukcije instrumenata, a ISO u području mjerne tehnike, eksperimentalnih uslova, mjernih parametara i njihovih granica, te rezultata mjerenja.

U radu su prikazane i ocijenjene metode mjerenja buke, sa posebnim osvrtom na ISO standarde i njihovu primjenu u istraživačkim institutima.

Ključne riječi: buka, mjerenje buke, metode i standardi mjerenja buke

ABSTRACT

Measurement instruments and methods that are in use for noise measurements have to be in accordance with norms. Those norms include:

- *conditions for measuring instruments,*
- *measuring methods for different types of machines,*
- *measuring methods that are defying noise influence at humans and noise evaluation and it's negative effects.*

The most important norms in this field are (IEC International Electrotechnical Commission) and ISO, where IEC is authorised in a field of instrument construction, and ISO in field of measurement technique, experimental conditions, measurement parameters and their limits as well as measurement results. In this work evaluated methods for noise measurements are shown with special review to ISO norms and their implementation in research institutes.

1. NAČINI KONTROLIRANJA (ŠIRENJA) BUKE

1.1 Način mjerenja i kontrole buke u svrhu zaštite čovjeka, opreme, mašina, uređaja

Bilo koji problem vezan za buku se definiše u zavisnosti od :

- izvora buke,
- puta prostiranja odnosno širenja buke,
- prijemnika buke,

pa se i kontrola buke ostvaruje u zavisnosti od jednog ili sva tri pomenuta elementa zajedno.

Mijenjanje izvora buke je najbolji oblik kontrole buke i najprihvatljiviji s aspekta cijene efektivnosti i prihvatljivosti. Ovaj oblik kontrole se obično primjenjuje kod novih postavki dok izvor buke nije montiran i dok je moguće i isplativo izvršiti njegovu zamjenu. Ako to nije slučaj onda se prelazi na izmjenu puta širenja buke i izmjenu prijemnika buke kao oblika kontrole buke.

Mijenjanje puta širenja buke je jedan od tri važnija načina kontrole buke. Pa se neka ili sva djelovanja koja slijede trebaju razmotriti:

- Promjena lokacije izvora buke u postojećim objektima.
- Korištenje prepreka (npr. zidova), djelimično ili potpuno zatvaranje cijelog predmeta opreme koja stvara buku.
- Upotreba zatvarača za bučne komponente mašine.
- Prigušivanje mehanički upravljanoj mašinskoj zatvarača odnosno poklopca sa viskoelastičnim materijalima ili zamjena krutih poklopaca koji šire buku sa metalnim mrežama odnosno sitom.
- Korištenje reaktivnih ili rasipnih prigušivača, prvi prigušivači namjenjeni su za buku niskih frekvencija ili malih izduva, a drugi prigušivači za veće frekvencije ili velike promjere izduvnih otvora.
- Korištenje položenih redova ili položenih sabirnih otvora za zračne sisteme.
- Vibraciona izolacija mašine od struktura koje šire buku.
- Korištenje upijača i prigušivača vibracija.
- Kontrola odjekivanja – dodavanje zvučno – apsorbirajućih materijala u prostor gdje se zvuk prolama tj. odjekuje da bi se smanjilo polje reflektirane buke. Za gore pomenuto treba imati na umu da primjena apsorbirajućih materijala neće spriječiti širenje direktnog zvuka do prijemnika. Iskustva pokazuju da je izuzetno teško postići redukciju buke u iznosu od 3-4 dB(A) koristeći ovaj oblik kontrole buke, koji može biti prekomjerno skup kad su u pitanju velike tvornice.
- Aktivna kontrola buke, koja uključuje suzbijanje, refleksiju i apsorbciju buke koja se širi od postojećeg izvora, a koji koristi jedan ili više sekundarnih kontrolnih izvora.
- Vođenje računa o položaju stambenih objekata pri njihovoj izgradnji u odnosu na jači izvor buke. [L2]

Izmjene kod prijemnika buke predstavljaju treći element ili način kontrole buke. Ovaj oblik kontrole buke se obično upražnjava kada svi drugi oblici otpadnu ili ih je nemoguće obezbjediti. Ovaj način kontrole buke može imati sljedeće oblike:

- Korištenje mufova, čepova za uši ili drugu vrstu zaštite sluha od buke.
- Ograđivanje prostora gdje je osoblje smješteno ako je to praktično.
- Izmještanje osoblja dalje od izvora buke.
- Rotiranje osoblja da bi se smanjio period izlaganja buci.
- Obrazovanje i odnosi sa javnošću vezano za probleme buke u zajednici.
- Ugradnja prozora i vrata koji dobro dihtuju tj. sa zvučnom izolacijom, kao i izvođenje zvučne izolacije na zidovima stambenih objekata u urbanim sredinama i u posebno bučnim zonama na primjer u blizini aerodroma, željeznice, autoputeva.

Mjerenje buke je aktivnost bez koje se ne može planirati kontrola zaštite od buke kao ni formiranje baze u odnosu na koju će se prosuđivati o buci. Na osnovu mjerenja može se doći do pokazatelja valjanosti konstrukcije kada se radi o prototipu proizvoda ili stepenu eksploatacijske očuvanosti same mašine ili pojedinih dijelova. Eksperimentalni parametri daju informaciju o geometrijskoj tačnosti, kvalitetu montaže i kompletnog dinamičkog stanja mašine.

Cilj mjerenja akustičnih parametara svodi se na:

- identifikaciju zvučnih izvora (izvora buke) koji imaju dominantan uticaj,
- dobivanje baze za kontrolu mjernja buke koja se može primjeniti na mašine i opremu, i
- utvrđivanje nivoa buke i njegovo poređenje sa dozvoljenim vrijednostima propisanim za rad mašina i boravak zaposlenih u tom okruženju. [L2]

2. POSTAVKE ZA BUKU, VEZA IZMEĐU SNAGE I PRITISKA BUKE

Za definiranje problema kontrole buke najčešće se koriste dvije fizičke veličine, a to su: nivo zvučnog pritiska i snaga buke odnosno izvora buke.

Zvučni pritisak predstavlja razliku između trenutnih vrijednosti neprestano promjenjivog pritiska u zvučnom talasu i stalnog atmosferskog pritiska koji vlada u datoj tački prostora kada zvuka nema.

Akustička snaga izvora ili snaga izvora zvuka predstavlja količinu zvučne energije koju emituje izvor zvuka u jedinici vremena.

2.1. Veza između snage i pritiska buke

Nivo zvučnog pritiska je veličina direktno vezana za reagovanje ljudi te stvari (mašina, uređaja, opreme) na zvuk (buku) i to je veličina koju najčešće treba kontrolisati. Međutim, nivo zvučnog pritiska nije dovoljan pokazatelj i ne daje potpun opis izvora zvuka (buke), pošto i sam zavisi od rastojanja između izvora i okoline u kojoj su pozicionirana zvučna i mjerna mjesta. Bolji pokazatelj je veličina snage izvora zvuka.

U većini slučajeva informacija koja je dobivena iz veličine snage zvuka je dovoljna i nisu potrebne dodatne informacije da bi se odredio nivo zvučnog pritiska. U drugom slučaju, traže se i dodatne karakteristike pravca samog izvora. Npr. izvor može širiti zvuk efektivnije u nekim pravcima nego u drugim. Tako da ako je poznata snaga zvuka i indeks odnosno usmjerenost, onda se nivo zvučnog pritiska može se odrediti u bilo kojoj tački područja mjerenja. Dakle bolji pokazatelj je veličina snage zvuka (buke) od nivoa zvučnog pritiska za definiranje problema kontrole buke. Polje zvuka nastalo od izvora se može definirati u zavisnosti od karakteristika zvuka i okoline koja okružuje izvor. S druge strane, polje zvuka se širi ka izvoru što utiče na:

- snagu zvuka nastalu od izvora i
- odnos snage i zvučnog pritiska.

Ova dva efekta se koriste za eksperimentalno određivanje snage izvora zvuka koristeći izmjerene vrijednosti zvučnog pritiska i jačine zvuka ili se koriste za određivanje nivoa zvučnog pritiska u slobodnom polju koristeći se informacijama o snazi zvuka.

2.2. Određivanje snage zvuka korištenjem konvencionalnih mjerenja pritiska

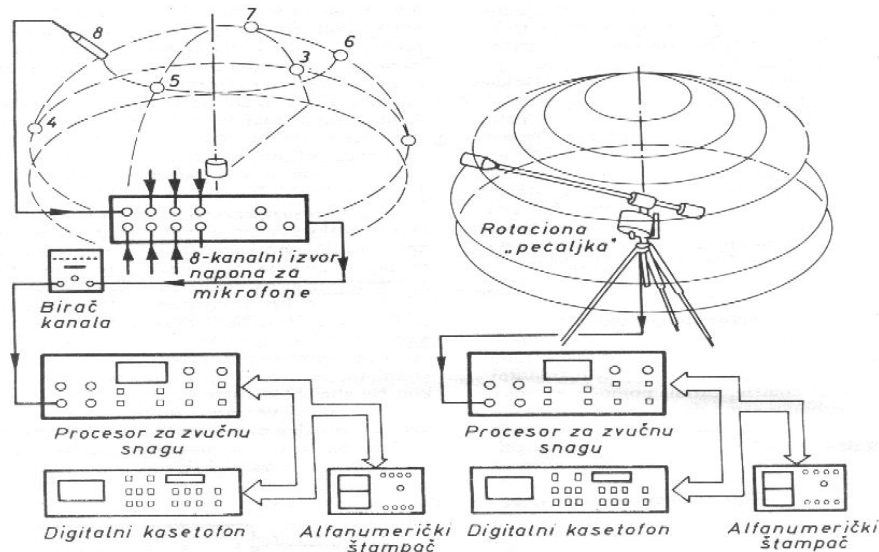
Postoji mnogo prihvaćenih metoda za određivanje snage zvuka (buke) na osnovu mjerenja zvučnog pritiska izmjerenih u blizini izvora. Odabir metode zavisi u velikoj mjeri od prihvatljive preciznosti, mogućnosti pomicanja izvora, prisustva drugih izvora buke ako se izvor koji se treba testirati ne može izmjestiti i zavisi od očekivane lokacije polja samog izvora u odnosu na reflektirajuće površine kao što su podovi, plafoni i zidovi. Svaka od ovih metoda određivanja snage zvuka se zasniva na mjerenjima pritiska što opet i očigledno ukazuje na vezu između snage zvuka i nivoa pritiska zvuka. Manje tačna spomenuta metoda se koristi kada se izvor koji treba testirati ne može pomjeriti, a drugi nepokretni izvori buke su u blizini. [L2]

2.2.1. Mjerenje u slobodnom ili poluslobodnom polju

Određivanje snage zvuka koja se širi od mašine slobodno, koristeći samo mjerenja pritiska, zahtjeva da se svaki zvuk, koji se prolama, zanemari. Ovaj uslov se obično realizuje samo u

jednoj prostoriji gdje nema eha zvuka. Karakteristike dobivene u odgovarajućoj prostoriji, gdje nema eha tj. odzvanjanja, su sadržane u nekoliko standarda (ISO 3745 – 1977, ANSI S1.35 – 1979 i AS 1217.6 – 1985).

Preporukama ISO R3745 predložen je način mjerenja zvuka radi izračunavanja akustičke snage. Mjerenje se vrši na polu sferi polu prečnika 1 m u čijem se središtu nalazi zvučni izvor. Mjerenje se može vršiti premještanjem mikrofona iz tačke u tačku na polu sferi pomoću skupa mikrofona istovremeno, ili pokretnim mikrofonom na rotacionoj “pecaljki”. Na slici 3.1 date su sheme mjerenja po jednoj ili drugoj varijanti. Rotacionom pecaljkom se osigurava automatsko kretanje mikrofona po potrebnoj putanji. Upravlja se pomoću procesora za akustičku snagu. U prilogu diplomskog rada detaljno će biti naveden proračun snage zvuka, konkretno za standard ISO 3745 – 1977. [L4]



Slika 2.1. Shema mjerenja pomoću skupa mikrofona istovremeno, ili pokretnim mikrofonom na rotacionoj “pecaljki”

Određivanje snage zvuka, koja se širi od mašine u prisustvu jedne ili više reflektirajućih površina, približno zahtjeva da se bilo koji zvuk koji se prolama zanemari. U ovom slučaju mašina i jedan ili više njenih zvučnih odraza mogu se shvatiti kao izvor zvuka čija se jačina mjeri. Standardi spomenuti ranije opisuju odgovarajući raspored mjerenja u prostorijama gdje se ne javlja eho. Drugi standardi (ISO 3744 – 1994, ANSI S1.34 – 1980 i AS 1217.5 – 1985) opisuju slična ali manje precizna mjerenja u otvorenim ili velikim prostorijama u kojima se može javiti eho.

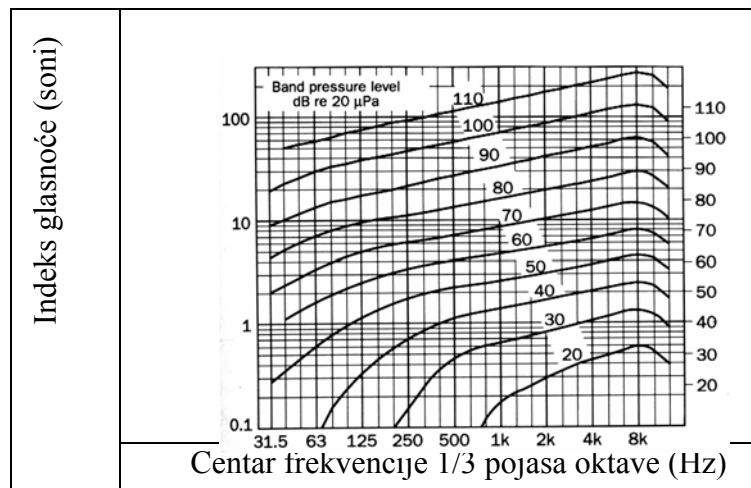
Snaga zvuka mašine se određuje integriranjem jačine preko hipotetičke sferne površine. Centar sfere bi trebao biti akustični centar mašine, a najbliže tome je općenito geometrijski centar mašine. Treba se izabrati takva sfera da je njena površina unutar dalekog polja širenja od izvora (gdje se nivo jačine zvuka odnosi direktno na nivo zvučnog pritiska i gdje se može odrediti nivo snage zvuka i informacija o pravcu), ili bar u geometrijskom obližnjem polju, gdje su dobiveni nivoi snage zvuka ali se ne može dobiti pouzdana informacija o pravcu.

Ako su mjerenja izvršena u prostoriji gdje nema eha onda, prema standardima, površina sfere bi trebala iznositi bar $\frac{1}{4}$ talasne dužine zvuka u odnosu na zidove sobe koji ne daju eho i trebala bi imati radijus bar kao dvostruka najveća dimenzija mašine, a ne manje od 0,6 m.

2.3. Kriterij za podjelu buke

Buka široko-frekventnog sadržaja najbolje se može analizirati u okviru opsega frekvencije. U okviru bilo kog opsega frekvencije uvijek postoji neograničen broj frekvencija svaki sa neograničeno malim sadržajem energije. S druge strane ton se može okarakterisati samo

jednom frekvencijom ograničenog energetskog sadržaja. Postavlja se pitanje koja širina opsega odgovara jednoj frekvenciji. Odgovor leži u subjektivnom reagovanju i širini opsega frekventno – analizacionog sistema uha. Kad zvuk uđe u uho on se kontinuirano frekventno analizira duž tubastog dijela. Ovaj dio može se zamisliti kao da je sastavljen od velikog broja filtra uskog opsega koji djeluju paralelno da bi analizirali smetnju koja se prenosi. Bilo koji filter će dati istu težinu tonu (koji prolazi) kao uskom opsegu buke istog energetsko sadržaja. Praktično rješenje pitanja kako usporediti tonove buke sa uskim opsegom je da se primjene eksperimenti na velikom broju zdravih mladih ljudi i empirijski definišu poređenja. Shema koja slijedi u nastavku je izvedena za određivanje glasnoće opsega buke.



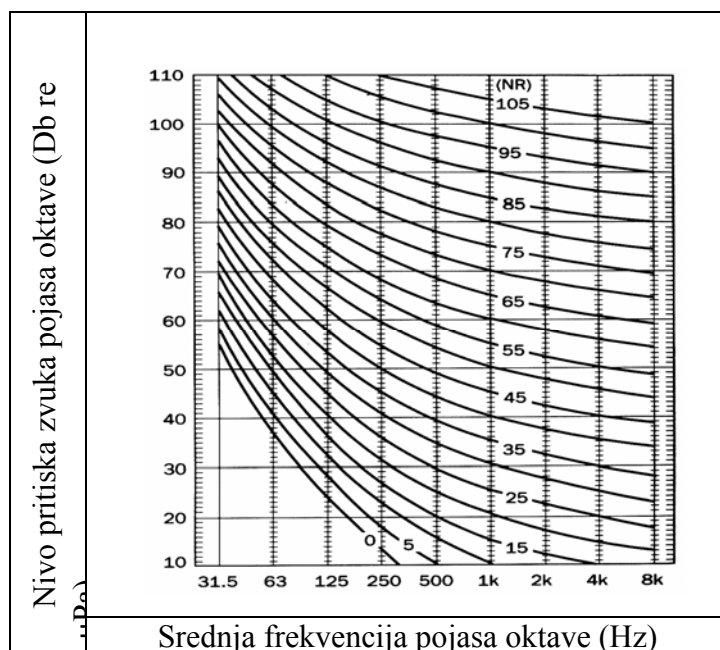
Slika 2.2: Metoda izračunavanja nivoa glasnoće zvuka širokog opsega na osnovu unaprijed određenih nivoa zvučnog pritiska u opsezima.

Da bi se izračunao nivo glasnoće zvuka (buke) širokog opsega prvo se određuju nivoi zvučnog pritiska u opsezima. Metoda je predstavljena za opsege oktava koristeći navedenu sliku (2.2.) [L2]

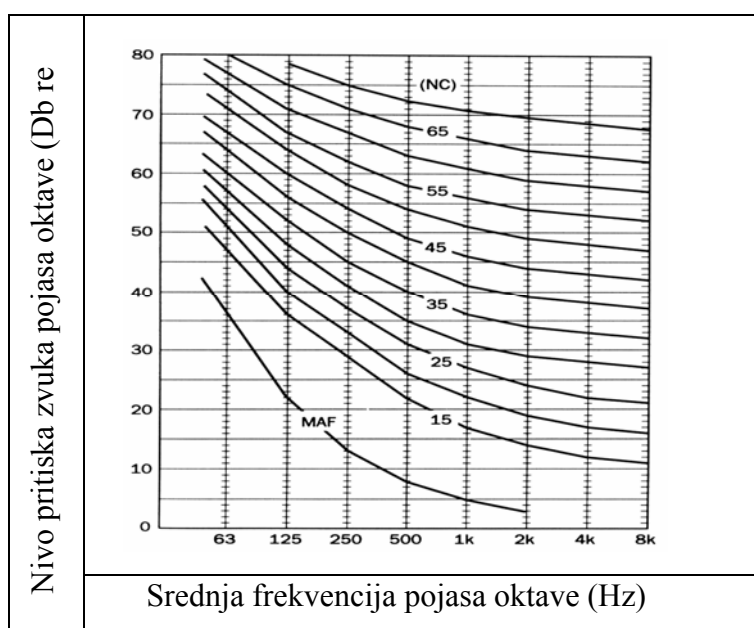
3. KRIVULJE ZA ODREĐIVANJE I USPOREĐIVANJE BUKE

Iako je određivanje jednog A – mjernog nivoa jednostavno i pogodno, ono ne pokazuje od kojih frekventnih komponenti može biti sačinjen izvor koji nije popustljiv. U projektne svrhe korisnija je upotreba mjernih krivulja za određivanje odnosno uspoređivanje, a koje definišu spektar nivoa pojasa u vidu jednog broja. Tri seta krivulja za određivanje jednog broja koja se trenutno koriste su prikazane na slikama (3.1-3.3). To su mjerne krivulje za određivanje buke (OB), kriterij buke (KB) i sobni kriterij (SK). Krivulje za određivanje kriterija buke su prvobitno nastale u svrhu potrebe da se odredi prihvatljiva buka uvjetovana zrakom. Još uvijek se ponekad upotrijebe u tu svrhu, ali je njihova upotreba proširena i u druge svrhe. Jedna alternativa setu krivulja kriterija buke je set krivulja za procjenjivanje koje je prihvatila Organizacija za međunarodne standarde i koja je namijenjena za opće svrhe, a posebno za procjenjivanje nivoa buke u zajednici i industriji.

Za određivanje (OB) i (KB), izmjereni nivoi zvučnog pritiska u pojasu oktave su predstavljeni na odgovarajućoj slici (3.1-3.3), i procjena je urađena na osnovu najviše krivulje mjerenja koja samo sadrži podatke.

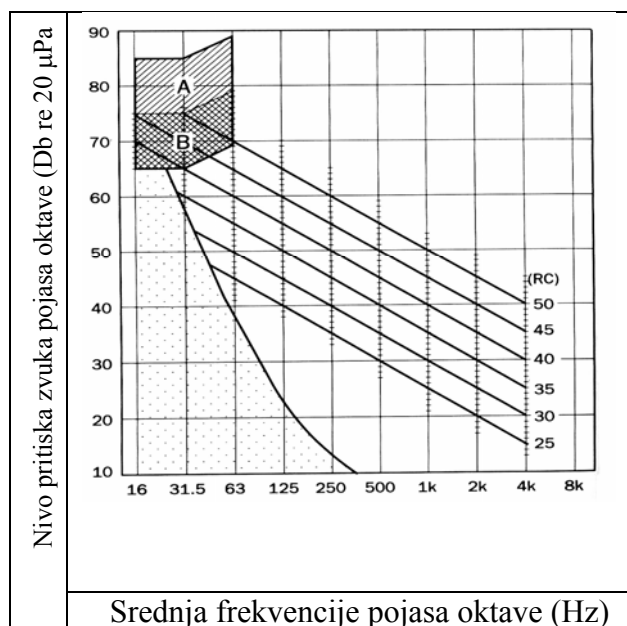


Slika (3.1): Krivulje OB – određivanja (procjene) buke
 Krivulje kriterija buke vidi sliku (3.6) nisu definisane u pojasa oktave od 31.5 Hz i zbog toga se ne uzimaju u obzir za buku niske frekvencije nastalu tutnjanjem



Slika (3.2): Krivulje KB – kriterija buke

Također se smatraju kao preblage u omjeru frekvencije od 2000 Hz i viših pojasa oktave. Iz ovih razloga su nastale krivulje za kriterij prostoriije tj. sobni kriterij. Krivulje SK – za sobni kriterij uključuju 16 Hz i 31.5 Hz nivoe pojasa oktave (vidi sliku (3.7)). Nekoliko mjerača nivoa zvuka sa vanjskim filtrima pojasa oktave uključuju i pojas oktave 16 Hz.



Slika (3.3): Krivulje SK – sobnog kriterija. Područja A i B: bukom izazvane vibracije koje se mogu osjetiti u lakim strukturama, inicirano čujno klopotaње u lakim uređajima (dijelovima pribora), vratima, prozorima, itd.; oblast A velika vjerovatnoća; oblast B umjerena vjerovatnoća.

4. KRITERIJ NIVOVA BUKE U ZAJEDNICI

Da bi umanjili uznemiravanje obližnjih susjeda ili onih koji borave u susjednim industrijskim ili komercijalnim prostorijama, neophodno je ograničiti napadnu buku.

primjenjivi standardi kao ISO 1996-1982 dio 1, ISO 2204-1979; AS 1055-1974 služe za procjenu uznemiravanja zajednice bukom. Oni su formirani na osnovu studije o buci koja se stvara u industrijskim, komercijalnim te lokacijama prebivališta.

Prelazi sa više od 5 dB(A) nivoa buke su namijenjeni kao uputa za utvrđivanje nivoa buke i prihvatljivi su za većinu naseljenih oblasti. Ako se pređe maksimalno dozvoljeni prelaz buke to je sredstvo za utvrđivanje vjerovatnoće žalbi na smetnje uzrokovane bukom na određenim lokacijama. Opći metod procjene uključuje poređenje nivoa buke izmjerene u dB(A) sa prihvatljivim nivoima.

Za stalnu buku izmjereni nivo je prosjek metarskog očitavanja na standardnom mjerачu odnosno metru nivoa zvuka a u koji je uključena A – mjerna mreža.

Za kolebljivu ili cikličnu buku mora se odrediti ekvivalentni kontinuirani A – mjerni tj. izmjereni nivo buke. Ovo se može uraditi koristeći statički analizator buke ili mjerач nivoa zvuka koji daje srednju vrijednost. Ako ovi instrumenti nisu dostupni, neki standardi određuju alternativna sredstva za dobivanje približnih vrijednosti sa standardnim mjerачem (metrom) nivoa zvuka.

5. UREĐAJI ZA MJERENJE BUKE

Instrumenti za mjerenje buke vrše pretvaranje zvuka u neku drugu energiju, odnosno pomoću mikrofona i pretvarača se zvuk detektuje i pretvara u električni signal. Najčešće se koriste instrumenti sa ugrađenim: elektrostatičkim, elektrodinamičkim, piezoelektričkim i magnetofrikcionim transduktorom.

Različiti instrumenti za mjerenje buke imaju mogućnost statističke ili frekventne analize primljenog signala, a mogu dalje vršiti računanje izmjerenih vrijednosti u željeni oblik ili odgovarajuće jedinice, sve zavisno od problema koji se analizira.

Različite vrste mjerača nivoa zvuka su iznesene u sljedećim publikacijama: IEC 651 – 1979, IEC 804 – 1985, ANSI S1.4 – 1983 i AS 1259 – 1982. Ovi standardi grupiraju mjerače nivoa zvuka u četiri grupe, vrste: 0, 1, 2, 3 po redu manje tačnosti. Ove vrste su opisane kako slijedi:

- Tip 0: laboratorijske reference standardne, namijenjeni u potpunosti za kalibraciju drugih (metara) mjerača nivoa zvuka.
- Tip 1: precizni (metri) mjerači nivoa zvuka, namijenjeni za laboratorijsku upotrebu ili za rad na terenu gdje se traže precizna mjerenja.
- Tip 2: (metri) mjerači nivoa zvuka za opću namjenu, namijenjeni općenito za upotrebu na terenu i za snimanje podataka nivoa buke za dalju analizu frekvencije.
- Tip 3: istraživački odnosno mjerač nivoa zvuka za istraživanje, namijenjen za priprema istraživanja kao što su određivanje da li su uslovi okoline buke nepropisno loši. [L2]

5.1. Kalibracija mjernih instrumenata nivoa zvuka

Kalibracija je striktno pregled instrumenata u potpunosti preko cijelog njegovog raspona frekvencije tj. to je procedura koja zahtijeva vrijeme i specijalnu opremu koja je namijenjena u tu svrhu. Redovno treba provjeravati napon baterije a kalibracija mjerača nivoa zvuka i mikrofona bi se trebala provoditi i uskladiti prema datim uputama. Preporučuje se kalibracija instrumenata svake dvije godine. Oprema za provjeru kalibriranja se razlikuje od proizvođača i vrste instrumenata. Kalibriranje mjernih instrumenata nivoa zvuka vrši se po električnoj i akustičkoj kalibraciji.

- Električna kalibracija

Vanjski ili unutrašnji pobuđeni električni signal sa poznatom amplitudom i frekvencijom se ubacuje u ciklus mikrofonskog pojačala. Ako je otklon magnetne kazaljke izlaznog mjerača nepravilan može se napraviti mala korekcija pojačavanja podešavanjem "PRESET" upravljača. Iako se ovom kalibracijom može provjeriti pojačalo, mreže za određivanje i filtri, ne može se provjeriti osjetljivost mikrofona. Zbog toga je važno dodati ovaj oblik kalibracije regularnoj akustičkoj kalibraciji.

- Akustička kalibracija

Akustički signal poznatog nivoa zvučnog pritiska se primjeni na mikrofon i očitavanje metra se uspoređi sa propisanim nivoom. Svaka greška koja je van tolerancije kalibratora može se podesiti sa "PRESET GAIN CONTROL". Na ovaj način se može postići tačnost i do 0.2dB. Velike greške mogu ukazati na oštećenje ili mjerača zvučnog nivoa ili kalibratora i u tom slučaju i mjerač i kalibrator bi se trebali vratiti proizvođaču na provjeru. [L2]

6. STANDARDI

Područja ITS 13 i 17 ISO grupacije standarda sadrže skupine standarda koji se tiču buke i to:

- 13.140 Buka u odnosu na čovjeka
- 13.110 Sigurnost mašina
- 13.340 Zaštitna oprema
- 17.140 Akustika i akustična mjerenja

7. LITERATURA

- [1] David A. Bies and Colin H. Hansen; Engineering Noise Control, E&FN Spoon, an imprint of Chapman & Hall, London, 1996 Second edition. [L1]
- [2] F. J. Fahy; Sound Intensity, E&FN Spoon, an imprint of Chapman & Hall, London, 1995 Second edition. [L2]
- [3] David A. Haris; Noise Control Manual, Van Nostrand Reinhold, New York 1991. [L3]
- [4] Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Beograd; Inženjersko mašinski priručnik, Novi dani, Beograd, 1992. [L4]