

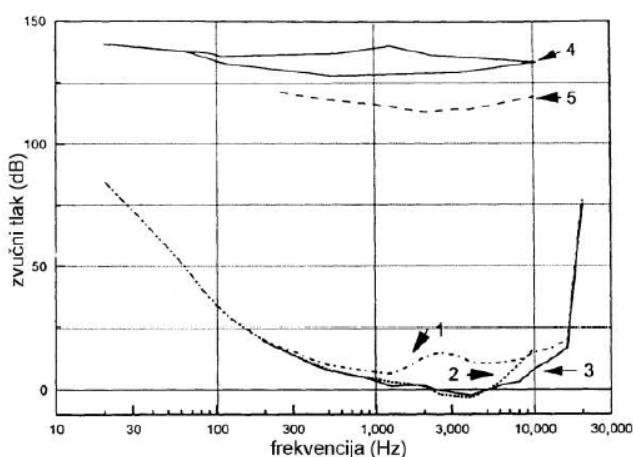
ZVUK I OKOLIŠ 4

UTJECAJ BUKE NA ČOVJEKA

Izloženost buci ima akumulirajući karakter. Štetni utjecaj buke se uočava tek nakon duljeg vremena i prvenstveno se manifestira kao: loše raspoloženje, nesanica, glavobolja, gubitak koncentracije, te trajno oštećenje sluha. Utjecaj buke na čovjeka određen je anatomijom sluha.

Bazilarna membrana – ima sposobnost razlučivanja različitih frekvencija zvučnog signala, radi kao frekvencijski analizator. Sluh je sposoban detektirati oko 5000 različitih visina zvuka u preko 10 oktava.

Slušna ploha



- prag čujnosti mjeren: 1 - binauralno u slobodnom polju, azimut izvora 0°; 2 - monauralno pomoću slušalica; 3 - u difuznom zvučnom polju
- krivulje 4 omeđuje područje praga boli, a krivulja 5 prag nelagode

GLASNOĆA – subjektivna percepcija ovisna o amplitudi, frekvencijskom sastavu i vremenskom obliku zvuka. To je u biti čovjekov sud o intenzitetu zvuka. Nije u linearnoj vezi sa zvučnim tlakom ili razinom zvučnog tlaka. Razina glasnoće zvuka se mjeri u fonima, a prikazuje se krivuljama jednake glasnoće (izofonama). Jedinica glasnoće zvuka je son. Za osjet dvostruke glasnoće soni porastu dva puta.

$$L_N = 30 \log N + 40$$

N - glasnoća u sonima

L_N – glasnoća u fonima

UČINAK BUKE NA ČOVJEKA

Najviše smeta uznemiravanje bukom tijekom spavanja ili vođenja razgovora. Prag smetanja kod spavanja iznosi 45 dBA ili niže, a početak interferencije govorne komunikacije je 63 dBA (razina zvuka govora normalne glasnoće između dvoje ljudi odvojenih 1 m).

Primarni učinak buke – stezanje mišića srednjeg uha koji zakreću slušne koštice tako da se smanji hod koščica i pritisak na pužnicu, a na to utječe i frekvencija, trajanje i spektralni sastav zvuka. Iznad 120-130 dB dolazi i do pojave ograničavanja gibanja bubnjića i koščica zbog određenog ligamenta.

Dolazi i do drugih vidljivih promjena na tijelu: trenutna kontrakcija očnih mišića koji zatvaraju kapke i kontrakcija nekih mišića nogu, ruku i leđa koji izazivaju blagi grč, refleks okretanja glave i očiju u smjeru izvora zvuka. Na reakciju utječu i neočekivanost zvuka i pozadinska buka. Jačina mišićnog refleksa najviše raste za razine zvučnog tlaka između 90 i 120 dB. Može doći i do kratkotrajnog porasta krvnog tlaka,

porasta otkucaja srca i smanjenog broja udisaja. Gluhe osobe bi izdržale buku od 170 dB, što pokazuje da je bubnjić primarni izvor boli.

Do gubitka ravnoteže kod izloženosti buci dolazi tek kod zvučnih tlakova oko 140 dB, a ako se buka dovodi samo na jedno uho gubitak ravnoteže se pojavljuje već iznad 100 dB.

POSLEDICE GLASNOG ZVUKA NA SLUH

Najuočljivija posljedica je pomak praga čujnosti. On se dijeli na:

- a) Privremeni pomak praga čujnosti (TTS)
- b) Stalni pomak praga čujnosti (PTS)
 - Kao posljedica kratkotrajnog djelovanja zvuka vrlo velikog intenziteta (akustička trauma)
 - Zbog učestalog izlaganja određenom zvuku ili buci znatno manjeg intenziteta

NAGLUHOST I GLUHOĆA

Postoje dvije vrste:

- a) Provodna ili konduktivna- uzrokovana patologijom vanjskog zvukovoda, srednjeg uha do ovalnog prozorčića
- b) Osjetna ili perceptivna- senzoričkog tipa (oštećen Cortijev organ) ili neuralnog tipa (oštećen je neuralni put između unutarnjeg uha i mozga)

Profesionalna oštećenja sluha su senzoričkog tipa i u pravilu se ireverzibilna. Oštećenje sluha može biti i centralne prirode, zbog patologije središnje živčanog sustava.

Neznatna naglušost je kada osoba ne čuje zvuk razine do 20 dB, lagana kada ne čuje zvuk razine 20-40 dB, umjerena kada ne čuje zvuk razine od 40-60 dB, a teška kada ne čuje zvuk razine 60-80 dB. Prag sluha iznad 93 dB označava se kao gluhoća. Kod profesionalnog oboljenja gluhoće se obično očitava kao simetrično obostrano Oštećenje.

Posljedice djelovanja buke na ljude su: gluhoća i naglušost (poremećaji u komunikaciji), neurovegetativne reakcije, umor i psihičke reakcije, smanjenje radne i životne sposobnosti.

AKUSTIČKA TRAUMA

Kod čovjeka će izlaganje zvučnom tlaku od oko 140 dB nakon pola minute imati za posljedicu PTS, kod izlaganja tlaku od 145 dB PTS se pojavljuje nakon nekoliko sekundi, a kod tlaka od 150 dB već nakon nekoliko desetinki sekunde. Puknuće bubnjića na višim audio frekvencijama očekuje se kod 160 dB. Zvuk može izazvati i smrt, tako su pokazala ispitivanja na zamorcima.

UČINAK INFRAZVUKA VELIKE RAZINE

Infrazvuk je zvuk frekvencija ispod 20 Hz. Nečujan je ali može izazvati sljedeće posljedice, ovisno o frekvenciji, glasnoći te trajanju izloženosti: tjeskoba, izražena tuga, nervozni osjećaji gnušanja ili straha, trnci niz kralježnicu, osjećaj pritiska u grudima.

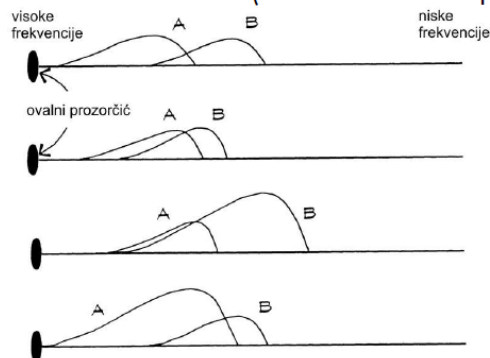
UČINAK ULTRAZVUKA VELIKE RAZINE

Zvuk iznad 20 kHz. Mjerenja ultrazvučnim uređajima pokazala su da se u neposrednoj blizini uređaja pojavljuju razine između 100 i 110 dB za frekvencije od 25 kHz. Na višim frekvencijama razine ultrazvuka su osjetno niže. Uz osnovnu frekvenciju pojavljivali su se i snažni harmonici i subharmonici koji najčešće upadaju u čujno područje. Nema jednoznačnih dokaza da zbog utjecaja ultrazvuka dolazi do privremenog pomaka praga čujnosti. Osoba duže izložena intenzivnom ultrazvučnom polju počinje se žaliti na glavobolju, osjećaj smušenosti i mučnine. Bez oštećenja: 110 dB za pojas s centralnom frekvencijom 20 kHz, 125 dB za 25 kHz pojas i 140 dB za 31,5 i 40 kHz pojaseve.

JND (Just Noticeable Difference) nam označuje tek primjetnu razliku promjene. Određuje minimalnu promjenu frekvencije ili razine zvuka koju čovjek jednoznačno može primijetiti.

Maskiranje – kod dva ili više simultanih tonova, pojava maskiranja niže razine tonom više razine.

□ odziv bazilarne membrane (ovisno o frekvenciji i razini):



Razumljivost – određena je omjerom korisnog signala i buke. Različita je za rečenice, riječi i slogove bez značenja.

Doza buke – doza buke opisuje akumulirajući karakter buke. Mjeri se posebnim zvukomjerima-dozimetrima. 100% doza je maksimalna zadana ekvivalentna razina buke mjerena 8 sati. Granične vrijednosti ovise o zakonodavstvu pojedine države ili službe (tipično 85 dB). Za dvostruko kraće vrijeme doza buke smije biti za 3 dB veća, a za dvostruko duže vrijeme doza buke mora biti 3 dB manja.

jednadžba za izračun doze buke:

$$D = \frac{100}{T_n} \sum_{i=1}^N (T_i) 10^{0,1 \cdot (L_i - L_c) q}$$

D = doza izražena kao postotak dozvoljene dnevne doze

T_n = normalizirani vremenski period, obično 8 sati

T_i = trajanje i-tog vremenskog perioda

L_i = ekvivalentna razina zvučnog tlaka u i-tom vremenskom periodu

L_c = kriterij razine zvuka, obično 85 dBA

q = bezdimenzionalni broj koji određuje promjenu kroz vrijeme, odnosno $q = 3/(\log 2)$ za 3 dB zakon promjene

N = broj intervala

□ jednadžba za izračun dnevne osobne izloženosti buci:

$$L_{E,p,d} \equiv L_r = 10 \cdot \lg \left[\left(\frac{T_e}{T_0} \right) \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,T_e}} \right] = L_{Aeq,T_e} + 10 \cdot \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

$L_{Aeq,d}$ = ekvivalentna razina buke po A karakteristici za vrijeme dnevnog trajanja izloženosti T_e

T_0 = referentno vrijeme (8 sati), neovisno o stvarnom radnom vremenu

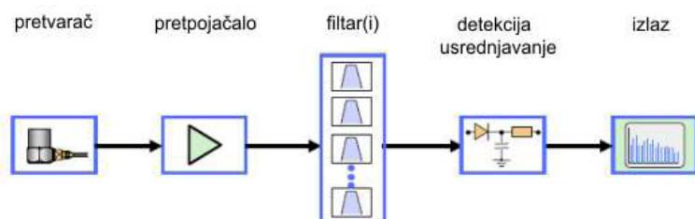
(E = exposition, p = personal, d = day)

ZVUK I OKOLIŠ 5

MJERENJE VIBRACIJA

Mjerenje fizikalne veličine se obično vrši pretvorbom veličine u električni signal, isto vrijedi i za mjerenje vibracija.

Mjerni lanac:



MEHANIČKA POLUGA

Mjeri pomak. Pozitivne strane su jednostavnost, cijena i iscrtavanje linije, a negativne su što nema električnog izlaza, mjeri samo NF i velike amplitude, haba se trenjem, utječe na vibracijsku strukturu. Koristi se još u starim elektranama.

SENZOR VRTLOŽNIH STRUJA

Mjeri pomak (DC-2kHz, dinamičko područje 500:1). Pozitivne strane su da mjeri bez kontakta, nema pomičnih dijelova, radi do DC. Negativne strane su to što magnetska polja rade grešku, potrebna kalibracija, mjeri samo NF zbog malog dinamičkog područja. Koristi se kod relativnog gibanja, ekscentričnosti osovine, debljine sloja ulja...

MJERENJE BRZINE

Inducirani napon je proporcionalan magnetskom polju, duljini namota i brzini. Dinamičko područje je 1000:1. Negativne strane su habanje, dimenzije, osjetljivost na smjer magnetskog polja, visoka f_d , zbog trenja manji izlaz.

PIEZOELEKTRIČNI AKCELEROMETAR

Mjeri ubrzanje. Dinamičko područje je $10^8:1$ odnosno 160 dB. Pozitivne strane su da nema trošenja, velika dinamika, široko frekvencijsko područje, kompaktnost, stabilnost, ugradnja u bilo koji položaj. Negativne strane su visoka impedancija na izlazi, nema odziv na DC. Učvrstiti se može fiksno (glavni zahtjev-bliski mehanički kontakt površine i baze akcelometra) a može se i držati rukom (ali samo za procjenu, loše zbog smanjenja krutosti mjernog sustava). Akcelometar se mora izolirati. Električna izolacija sprječava strujne petlje, a mehanički filtar štiti od jakih udara. Osjetljiv je na pad ili udarac, zbog mogućnosti promjene osjetljivosti, pa ga je potrebno kalibrirati. Kod montaže treba paziti da se os najveće osjetljivosti treba podudarati sa smjerom najvećih vibracija koje se mjere. Masa akcelometra utječe na masu sustava koji vibrira i mijenja veličinu vibracije zato masa akcelometra mora biti manja od 1/10 dinamičke mase sustava. Kalibracija akcelometra može biti na terenu i laboratorijska kao i kod zvukomjera. Greške u mjerenju se javljaju zbog indukcije elektr. kabela, te zbog utjecaja okoliša (naprezanje baze, vlaga, buka, korozivne tvari, magnetska polja, nuklearna radijacija).

ZNAČAJKE PRETVARAČA VIBRACIJA

Područje rada pretvarača vibracija ovisi o potrebi.

Podjela :

- Opća namjena, srednja težina i osjetljivost
- Maleni, lagani, za visoke frekvencije

Odziv je načelno ravan do rezonantne frekvencije, zato se koriste do 1/3 razine rezonantne frekvencije (zbog porasta greške iznad 10%).

PRETPOJAČALA UZ AKCELEROMETAR

Svrha im je prilagodba akcelerometarskog signala radi prilagodbe impedancije, razina, filtriranje, integracija radi dobivanja brzine ili pomaka. Preferira se nabojno pojačalo zbog neosjetljivosti na duljinu spojnog kabela.

ANALIZA SIGNALA AKCELEROMETRA

Frekvencijska analiza otkriva koji dio amplitude vibracija potječe od kojeg dijela sklopa, što nije vidljivo iz vremenskog signala. Filtarskim nizom ili FFT analizom se dobiva frekvencijski spektar vibracijskog signala. Ukupna analiza je dovoljna za jednostavnije sustave, dok je frekvencijska analiza načelno za kompleksnije. U analizi vibracija se upotrebljava i linearna i logaritamska skala. Linearna se upotrebljava radi prepoznavanja harmonika rotacijskih dijelova. Prednost logaritamske skale je prikaz velikog dinamičkog područja. Uži filter daje veću frekvencijsku rezoluciju (harmonici), ali $BT \geq 1$ (princip neodređenosti), raste vrijeme.

PRIKAZ UBRZANJA U dB

Referentan vrijednost je 10^{-6} m/s^2

$$N(\text{dB}) = 10 \log_{10} \left(\frac{a^2}{a_{\text{ref}}^2} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{a}{a_{\text{ref}}} \right)$$

PARAMETRI VIBRACIJA

Ubrzanje \rightarrow (int.) \rightarrow brzina \rightarrow (int.) \rightarrow pomak

Najbolje je odabrati parametar sa što ravnijem spektrom radi bolje dinamike signala

DETEKCIJA I PROSJEČNA VRIJEDNOST

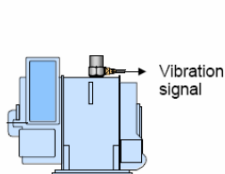
Detektor je zadnji dio mjernog lanca vibracija. Razlika je ako se mjeri vršna ili efektivna vrijednost. Izračunata razina ovisi o vremenskoj konstanti kao i kod zvukomjera.

PRIJENOS VIBRACIJA - Nisu uvijek najviše frekvencijske komponente i one koje tražimo, ovisi o odzivu sustava.

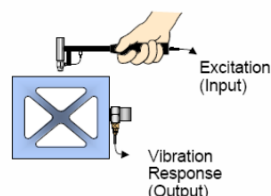
ANALIZA SUSTAVA

- Analiza pojava vibracija u sustavu (sila nije poznata): analiza signala
- Analiza nove strukture ili modeliranje postojeće: analiza sustava (sila+odziv), FEM modeli

Signal Analysis



System Analysis



UTJECAJ VIBRACIJA NA ČOVJEKA

Mjere u ovisnosti o izloženosti tijela vibracijama: ruka i šaka (hand-arm), cijelo tijelo (whole body), jedna os, tri osi

WHOLE BODY – vibracije u ovisnosti o radnom stroju . Vibracije prevelike razine i/ili trajanja izazivaju osjećaj neudobnosti, smanjuju učinkovitost, pogoršavaju postojeća oštećenja leđa (kičma ali i vrat i ramena), izazivaju rizik za zdravlje i sigurnost, ako su NF mogu izazvati mučninu gibanja.

HAND-ARM – vibracije u ovisnosti o ručnom stroju. Vibracije prevelike razine i/ili trajanja izazivaju umrtvljene vrške prstiju, odnosno cijele prste, ostale neurološke, krvožilne i mišićne nepovratne promjene na tkivu.

ZVUK I OKOLIŠ 6

INTENZITET

Problem mjerenja intenziteta riješen je tek izradom kvalitetnih, uparenih mikrofona. Intenzitet mjerimo jer se u difuznom zvučnom polju iz tlaka ne može odrediti doprinos pojedinih izvora, a zvučni intenzitet ima smjer i amplitudu pa omogućuje lociranje izvora zvuka i određivanje usmjerenosti izvora. U aktivnim i reaktivnim zvučnim poljima određuje se prema protoku energije. Ako nema protoka, intenzitet je 0 (reaktivno). Kod stojnog vala ukupni intenzitet je također 0. U difuznom zvučnom polju se faza između tlaka i brzine mijenja slučajno, pa je ukupni intenzitet 0.

Mjerenje i izračun intenziteta: tlak se mjeri mikrofonom, jedini je problem izmjeriti brzinu čestica, pa se upotrebljava Eulerova jednadžba za fluide (gradijent tlaka koji ubrzava fluid gustoće ρ) iz koje se može izračunati brzina čestice. Gradijent tlaka se računa kao razlika tlaka dva fazno i amplitudno ujednačena mikrofona. Za izračun se može koristiti i FFT analiza (računanje križnog spektra).

INTENZITETNA SONDA

Mikrofonske kapsule su montirane jedna prema drugoj s čvrstim odstojnikom (6,12,50 mm). ½" kapsule se koriste za NF, a ¼" kapsule za VF. Imaju osmičaste usmjerne karakteristike.

Na polukugli se uzima 10 mjernih točaka, a ako intenzitet varira treba uzeti više točaka. Svako mjerno vrijednosti se pridružuje pripadajuća površina. Što se tiče pozadinske buke, ukoliko je stacionarna uopće ne doprinosi mjerenju. Intenzitet koji se mjeri po zatvorenoj krivulji iznosi 0.

MJERNA OGRANIČENJA

- Ograničenje VF – za dobivanje točke krivulje gradijenta tlaka (i uz očekivanu grešku 1 dB), valna duljina treba biti barem 6 puta veća od razmaka
- Ograničenje NF – za dobivanje točnosti od 1 dB, fazna promjena između dva mikrofona treba biti barem 5 puta veća od fazne greške mikrofona, fazna greška kod dobrih mikrofona iznosi oko $\pm 0.3\%$
- Veći kut upada-manja fazna razlika među mikrofonima veća potencijalna greška

MICROFLOWN TECHNOLOGIES (1996)

To je posebna tehnologija izravnog mjerenja brzine čestica zvuka. Prednosti pred intenzitetnom sondom su: frekvencijski raspon, potrebna fazna točnost uparenih mikrofona). Mjerač brzine ima osmičastu karakteristiku. Za intenzitet treba i mikrofona (tlak) i mjerač brzine (3 osi).

AKUSTIČKA KAMERA

Upotrebljavaju se mikrofonski nizovi za 2D i 3D slike zvučnog polja. Analiza signala iz svih mikrofona radi određivanja razine zvuka iz određene točke prostora. Omogućuje potpunu kalibraciju i frekvencijsku analizu zvuka.

ZVUČNA SNAGA

To je univerzalna mjera za zvuk. Upotrebljava se za apsolutnu usporedbu različitih proizvoda, predviđanje razine zvučnog tlaka u svakom okolišu, određivanje mjesta s veliko razinom tlaka. Mjerenje se vrši u slobodnom zvučnom polju, difuznom zvučnom polju ili pomoću intenziteta zvuka. EU direktiva nalaže da teški strojevi za rad vani moraju imati definiranu zvučnu snagu.

Za računanje zvučne snage u difuznom zvučnom polju postoje dvije metode:

- a) Metoda usporedbe – mjeri se razlika u zvučnom tlaku između izvora poznate zvučne snage i mjenog izvora
- b) Izravna metoda – mjeri se zvučni tlak, ali je potrebno poznavati i vrijeme odjeka prostorije i njenu geometriju