TECHNICKÉ MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA HLUKU V PRACOVNOM PROSTREDÍ

Gdovičinová L., Virčíková, E.
Katedra integrovaného manažérstva, Hutnícka fakulta Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 042 00 Košice, Slovensko, e- mail: lucia.gdovicinova@tuke.sk

TECHNICAL POSSIBILITIES OF NOISE DECREASING IN WORKING ENVIRONMENT

Gdovicinova L., Vircikova, E.
Department of Integrated Management, Faculty of Metallurgy, Technical Universtity of Kosice, Letna 9, 042 00 Kosice, Slovakia, e- mail: lucia.gdovicinova@tuke.sk

Abstract

Technical possibilities of noise reduction and techniques of its measurement in working environment are briefly described in this paper. Vibrational-acustic measurements provide objective physical evaluation of oscillations and noise, which make possible to determine, according to predefined criteria, if the conditions are acceptable for a worker. The aim of the experimental part was to evaluate measuring data from production hall of model tile factory and by the analysis of this data to determine the type and intensity of individual surces of noise and to suggest practicable technical solutions for these sources.

Abstrakt

V príspevku sú stručne popísané technické možnosti znižovania hluku a postup merania hluku v pracovnom prostredí. Vibračno – akustické merania poskytujú objektívne fyzikálne merania kmitania a hluku, pričom je možné podľa vopred určených kritérií posúdiť ich prijateľnosť pre človeka, resp. pracovníka v pracovnom prostredí. Cieľom experimentálnej časti bolo vyhodnotiť namerané výsledky vo výrobnej hale modelového závodu na výrobu dlaždíc a na základe ich analýzy posúdiť druh a intenzitu jednotlivých zdrojov hluku a odporučiť prístupné technické možnosti riešenia týchto zdrojov hluku.

Key words: hluk, vibračno – akustické merania, hladina hluku, akustické kmitanie

1. Úvod

Hluk ako akustické kmitanie plynného prostredia sa zvyčajne definuje ako nežiadúci, obťažujúci a zdraviu škodlivý zvuk každodennej aktivity spoločnosti. Meradlom toho, čo je hluk, je jednoznačne človek: jeho odpoveď, jeho fyziologická reakcia, jeho prežívanie. Viac ako 90 % príčin hluku sú stroje, dopravné a technologické zariadenia, 10 % tvoria iné prirodzené zdroje akustického signálu.[2]

Z hľadiska ochrany sluchu sú hodnoty prípustnej hladiny hluku, pri ktorej ešte nedochádza k poškodeniu sluchu limitované hodnotou 85 dB(A) (počuteľný zvuk). Podľa druhu činnosti a prevencie rušivých účinkov hluku sa druhy prác rozdeľujú do šiestich skupín s najvyššími hladinami prípustných hodnôt hluku odstupňovanými od 40 do 85 dB(A). Taktiež sa limituje hluk v štyroch kategóriách územia vzhľadom k vonkajším priestorom.

2. Technické možnosti znižovania hluku

Účinné protihlukové opatrenia zahŕňajú požiadavku ochrany sluchového orgánu pred poškodením nadmerným hlukom, ako i požiadavku ochrany pred obťažovaním a rušením pre rôzne činnosti. V praxi sa uplatňujú rôzne technické opatrenia obmedzujúce prenos hluku vzduchom a konštrukciami, pričom sa zohľadňujú akustické vlastnosti prostredia, v ktorom sa zvuk šíri a špecifické akustické vlastnosti materiálov. Technické možnosti znižovania hluku sú:

1) Tlmenie hluku pohlcovaním - v stavebnej akustike sa používajú rôzne výrobky využívajúce vlastnosti juty, sklenených vlákien, čadičových vlákien, minerálnych plstí, chemických látok (polyuretán) a pod.
2) Nepriezvučnosť konštrukcií - zníženie hladiny hluku, ktoré sa dosiahne použitím nepriezvučných materiálov sa pohybuje v rozmedzí 15 až 50 dB. Sú to napr. protihlukové steny vedľa cestných a železničných komunikácií alebo priemyslových budov, kryty na stroje, zvukotesné kabíny, okná, dvere a pod.
3) Tlmiče hluku - znižujú hluk spôsobený prúdením plynov a kvapalín. Využívajú sa hlavne pri navrhovaní vzduchotechniky, klimatizácie a pod.
4) Pružné vložky - zamedzujú prenos hluku zo zdroja hluku (stroj, technologické zariadenia) cez spojovacie prvky na konštrukciu budov (pružné ukladanie strojov, pružné spoje potrubí a pod.).
5) Tlmenie hluku v konštrukciách tlmiacimi materiálmi - tradičné konštrukčné materiály ako oceľ, betón, sklo majú vnútorné tlmenie nízke, z čoho vyplýva, že aj útlm kmitania, ku ktorému dochádza je veľmi nízky. Tlmenie hluku v konštrukciách je možné riešiť nasledovne:
   - prídavným materiálom s vysokým vnútorným tlmením (antivibračné nátery),
   - využívaním konštrukčných materiálov s vysokým vnútorným tlmením (plastické hmoty).

3. Meranie hluku v pracovnom prostredí

Hluk pracovného prostredia je hluk, ktorý pôsobí na človeka v prevádzkových alebo v predpokladaných situáciách na pracovných miestach. Tento hluk je možné deliť:

1) Z hľadiska časového priebehu na:
   - Ustálený – ktorého celková hladina akustického tlaku sa v danom mieste nemení v závislosti od času o viac než 5 dB(A) a jeho frekvenčné zloženie ostáva takmer stále.
   - Premenný – ktorého celková hladina akustického tlaku sa mení v závislosti od času viac než 5dB(A). Premenný hluk môže byť:
   - Kolísavý – jeho premeny prebiehajú zvoľna a sú zhruba pravidelné. Hlučnejšia časť periódy trvá iba určitý čas.
   - Nepravidelný – zmeny prebiehajú úplne nepravidelne, neočakávane, náhodne.
   - Prerušovaný – zmena hladiny prebieha prudko, pričom trvanie tichej a hlučnej periódy je dosť dlhé (dlhšie než 0,5 min.) a vo vnútri periódy sa mení hluk len málo (napr. zapnutie a vypnutie chladničky).
   - Impulzný – je tvorený jednotlivými impulzmi alebo sledom impulzov o dĺžke 1 ms až 200 ms a intervalov medzi impulzmi dlhšími než 10 ms.
2) Z hľadiska frekvenčného spektra:
   - bežný – s rovnomerným rozložením tónových zložiek do 8 kHz,

- vysokofrekvenčný – s výraznými zložkami v oblasti kmitočtov vyšších ako 8 kHz,
- s výraznými tónovými zložkami – ktorého spektrum obsahuje tónové zložky vyššie o 5 dB ako hladina akustického tlaku spojitého spektra na susedných frekvenciách,
- ultrazvuk – ktorého kmitočet leží nad hranicou 20 kHz,
- infrazvuk – ktorého kmitočet leží pod hranicou 20 Hz.[9]

Cieľom vibračno – akustických meraní je zabezpečiť objektívne fyzikálne merania kmitania a hluku, ktoré možno porovnávať s vopred určenými kritériami, aby sa posúdila ich prijateľnosť pre človeka.

Základnými preferovanými veličinami merania sú ekvivalentná hladina A akustického tlaku ($L_{Aeq,T}$) a zvuková expozícia s vážením A ($E_{A,T}$) počas určeného intervalu (T). V niektorých prípadoch môžu byť indikované merania hladín akustického tlaku v oktávových alebo tretinovooktávových pásmach počuteľného zvuku, infrazvuku alebo ultrazvuku. Ak sa vyžaduje možnosť rečovej komunikácie, môže byť potrebné meranie rušenia reči (SIL), pomer signálu ku šumu, alebo iné merania (ak sú potrebné).[8]

Meranie má zabezpečiť kvantitatívny opis možnej charakteristiky expozície hluku na pracovnom mieste. Možná charakteristická expozícia hluku je daná, ak počet udalostí, druh a pôvod hluku na pracovnom mieste sú typické pre pracovné miesto z dlhodobého hľadiska. Na overenie skutočného stavu možno zozbierať vhodné informácie, alebo sa musí realizovať dostatočný počet nezávislých meraní. Ak je expozícia hluku určená pre presné pracovné miesto, meranie sa uskutoční na tomto mieste. Ak osoba zaujíma viac ako jedno pracovné miesto, možno ekvivalentnú hladinu (A) akustického tlaku, alebo zvukovú expozíciu s vážením (A), určiť pre každé miesto, alebo sa pre osobu pracujúcu na týchto miestach určia uvedené veličiny počas intervalov, ktoré umožnia určenie kumulatívnej expozície počas pracovnej smeny. Na základe výsledkov merania kmitania a hluku, možno vylepšovať vibračno – akustické vlastnosti strojov, strojových zariadení a prostredia.

Na pochopenie a riešenie problémov hluku je nevyhnutné merať nielen zvuk v blízkosti zdroja, ktorý je predmetom záujmu, ale aj kmitanie rôznych častí tohoto zdroja. Mikrofóny a zariadenia snímajúce kmitanie sú prevodníkmi, pretože menia akustickú energiu kmitania na elektrický signál, ktorý sa spracúva. Pre väčšinu meracej techniky sa mikrofóny a senzory spájajú priamo s jej vstupom, čím vytvárajú najjednoduchší merací reťazec hluku a kmitania. Výstupný signál zo zvukomera, alebo vibromera možno zaznamenať a uložiť na neskoršie spracovanie, môže sa analyzovať.

Zvukomerné a vibromerné prístroje sú elektronické meracie zariadenia, reagujúce na vibračno – akustické vlnenie. Umožňujú objektívne a reprodukovateľné merania jeho kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov. Zvukomerná a vibromerná prístrojová technika rôznych výrobcov sa spravidla líši v detailoch konštrukcie a zhotovením, všetky bez rozdielu obsahujú mikrofón, zariadenie spracovania signálu a indikačné zariadenia (obr. 1.).[2]

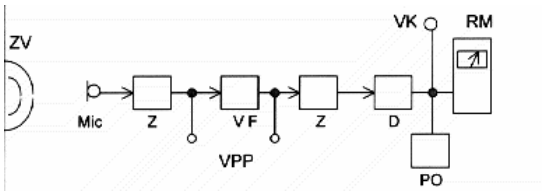

Fig 1 Measuring equipment [2]

Sound – level meter: Mic microphone, Z amplifier, VF – weighting filter, D – detector of an effective value, PO – memory circuit, RM – needle display unit, Vk – output connector, VPP – external bandpass filter connectors, ZV – noise source.

Zvu*K*omer: Mic – mikrofón, Z – zosilňovač, VF – váhové filtre, D – detektor efektívnej hodnoty, PO – pamäťový obvod, RM – ručičkové meradlo, Vk – výstupný konektor, VPP – konektory na pripojenie vonkajších pásmových priepustí, ZV – zdroj vlnenia.

4. Experimentálna časť – meranie hluku vo výrobnej hale na výrobu dlaždíc

Cieľom merania hluku bolo zmapovať situáciu vo výrobnej hale modelového závodu na výrobu dlaždíc a analyzovať namerané výsledky. Vo výrobnej hale boli merané hladiny akustického tlaku s váhovým filtrom A vo vybraných miestach a tiež vo vybraných miestach (hlavne pri dominantných alebo typických zdrojoch hluku) bola uskutočnená tretinooktávová analýza. Teplota prostredia v čase merania sa pohybovala od 18 do 24 ºC. Prúdenie vzduchu nebolo výraznejšie. Pri meraní boli použité tieto prístroje:

- zvukomer: Brüel&Kjaer 2231, pásmová priepusť: Brüel&Kjaer 1625,
- akustický kalibrátor: Brüel&Kjaer 4231,
- merací mikrofón: Brüel&Kjaer 4165, filter: A, dynamická charakterisika: FAST, modul: BZ 7112, šírka pásma: 1/3 oktávy.

Mikrofón bol umiestnený vo výške 150 cm na statíve, vo vzdialenosti 1 m od meraného zariadenia, nasmerovaný k zdroju hluku.

Vo výrobnej hale, širokej 98 m, bola predmetom merania výrobná linka, kde zaberá dĺžku asi 56 m. Strop haly so svetlíkom v tvare sedlovej strechy je vo výške 12 m. Podlaha je pokrytá vrstvou betónu, časť dlaždicami. Všetky menované povrchy majú nízku pohltivosť zvuku s odhadnutým stredným činiteľom zvukovej pohltivosti do 0,15. Linka pozostáva z dvoch výrobných pásov, na ktorých sa vyrábajú dlaždice. Nevypálené výrobky z oboch liniek sa pomocou automatických nakladačov ukladajú na posuvné vozíky. Tieto slúžia ako zásobníky, v ktorých sa výrobky prepravujú k vypaľovacej peci a po vypálení na triedenie a balenie.

Usporiadanie pracoviska je spolu s rozmiestnením meracích miest zakreslené na obr.č. 2.

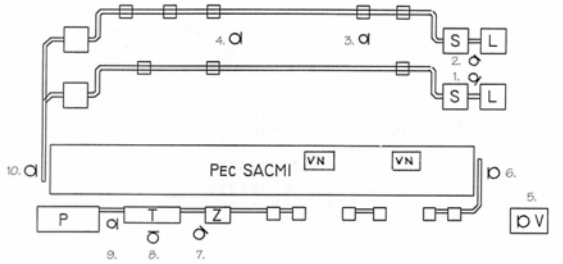

Fig.2 Noise level measuring points, L – lis PH 1600, S – sušiareň, N – nakladač, V – vykladač, Z – zraková kontrola, B – baliaci automat, L – press PH1600, S – drier, N – feeder, V – unloader, Z – visual control, B - packer

Prevádzka pracoviska je nepretržitá, celkove v 4 smenách pracuje 64 pracovníkov, z toho 30 žien. Pracovná smena trvá 12 hodín. V jednej 12 – hodinovej smene pracuje 1 majster a 15 pracovníkov.

Počas merania bola na pracovisku normálna prevádzka, avšak v prevádzke bol len jeden kanál pece. Ventilátory pece pracovali normálne. Orientačným meraním boli zistené

najväčšie zdroje hluku, ktorými sú hydraulické lisy PH 1600 (2 ks), dopravníky pri lisoch a ventilátory na peci, elektromotory . Hluk je takmer pri celej linke ustálený, pokiaľ sú jeho zdrojom priebežne pracujúce zariadenia (pec, ventilátory, niektoré pohony, elektromotory, atď.). Pri lisoch pracujúcich cyklicky je hluk premenný. Zvukové pole je zmiešané.

Napriek tomu, že dĺžka pracovnej zmeny na linke je 12 hodín, pracovníci mesačne odpracujú v priemere 180 hodín, t.j. bežný pracovný fond, preto je ich hluková záťaž prepočítaná na dĺžku pracovnej zmeny 8 hodín. Pracovníci sú vystavení účinkom hluku počas chodu linky, čo trvá prakticky celú pracovnú zmenu (s výnimkou prestávok na stravu, prípadne pri odstavení linky pre poruchu). S dostatočnou presnosťou teda možno tvrdiť, že nameraná hodnota hlukovej záťaže sa rovná celozmenovej záťaži:

$$L_{AEq8h} = L_{AeqT}$$

Štátny zdravotný ústav doteraz charakterizoval druh práce na tomto pracovisku, ako fyzickú prácu náročnú na presnosť a sústredenie, sledovanie a kontrolu sluchom, preto podľa NV SR č.40/2002 Z.z o ochrane zdravia pred hlukom a vibráciami sa tento druh činnosti zaraďuje do V. skupiny prác. Pre tento druh práce je najvyššia prípustná hodnota normalizovanej hladiny hlukovej expozície:

$$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB}$$

Namerané hladiny hluku A – L_A pre výrobnú linku v meracích miestach 1 až 10 sú uvedené v tab. č. 1.

Table 1 Measured noise levels

Miesto merania	Popis miesta merania	Hladina hluku A L_A[dB(A)]
1	Lis č.2	86,2
2	Lis č.1	84,5
3	Pri koľajách posuvných vozíkov – medzi linkami	80,0
4	Medzi linkami pri stroji Rotocolor	80,1
5	Medzi pásmi – pri prístrekovej kabínke	81,1
6	Pri výstupe dlaždíc z vypaľovacej pece	78,3
7	Velín pece pri zatvorených dverách	68,2
8	Medzi pásmi pri zrakovej kontrole	78,6
9	Ovládací panel pri vstupe do pece	80,5
10	Koniec linky – ukladanie kartónov na palety	77,2
11	Stred triedičky	83,2
12	Stred baličky	82,0
13	na rohu zrakovej kontroly, mikrofón smeruje k triedičke	79,5
14	Pri peci pod ventilátorom	80,5
15	Na konci glazovacích liniek	78,5
16	Vedľa agregátu lisu – bok kapotáže zaclonený akustickou penou	84,0

Meranie bolo vykonané podľa STN ISO 9612 (01 1623) Akustika. Pokyny na meranie a hodnotenie hlukovej expozície v pracovnom prostredí v triede presnosti 3 – prevádzkové meranie, s celkovou neistotou merania 2,5 dB.

4.1 Analýza nameraných výsledkov

Výsledky merania dokazujú, že najvyššia prípustná ekvivalentná hladina hluku L_{AEqp} pre 8-hodinový pracovný čas je na všetkých miestach merania preukázateľne prekročená.

Najvýznamnejšími zdrojmi hluku sú hydraulické lisy: 84,5 až 86,2 dB(A), kde sú prekročené hygienické limity. Ak by sa podarilo drobnými úpravami pracovisko preradiť do triedy VI a nebola by nutná kontrola sluchom, potom by najvyššia prípustná ekvivalentná hladina hluku L_{aeqp} bola rovná 85 dB(A). Za takejto situácie je možnosť dosiahnuť podlimitnú hodnotu úpravami kapotáže hydraulických agregátov a aplikáciou zvukovo pohltivých panelov (ak to prevádzka umožňuje).

Menej významným zdrojom je triedička: 84,2 dB(A), kde hladina hluku A – L_A neprekračuje hranicu 85 dB(A). Nie je tedy až také nevyhnutné túto časť linky riešiť. Ak by sa táto situácia v tejto časti linky mala riešiť, bolo by potrebné posúdiť, či nie je možné zmeniť vyrážanie dlaždíc z dopravníka na postupné vysúvanie. Ak to nie je reálne, určité zlepšenie by sa dosiahlo kapotážou triedičky a zástenami. Avšak, už teraz je hladina hluku A – L_A v pracovnom mieste zrakovej kontroly pod hodnotou 80 dB (A). Je potrebné upozorniť na problém, že hluk na pracovisku triedičky by v budúcnosti mohol byť identifikovaný ako impulzný hluk, ktorého škodlivosť je vyššia a preto sa prípustná ekvivalentná hladina hluku znižuje o 5 dB(A). Vtedy by sa pracovisko a jeho okolie posudzovalo ako omnoho rizikovejšie z hľadiska hlukovej záťaže.

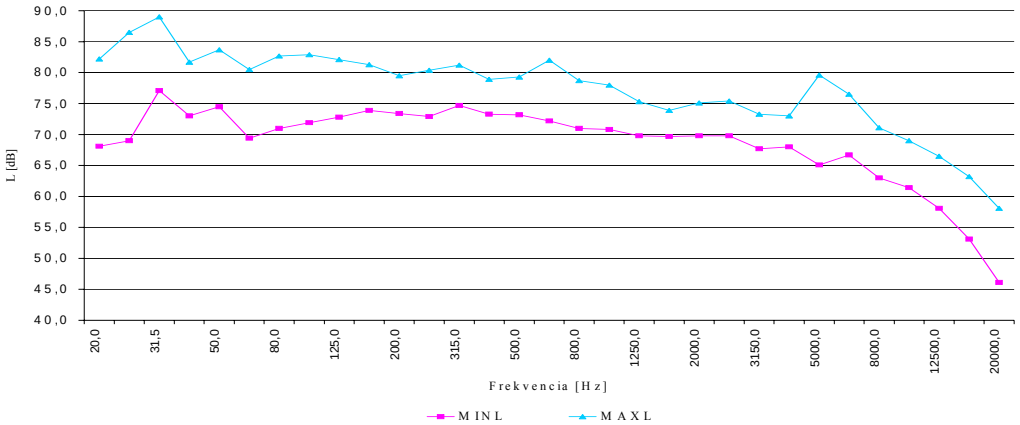

Fig.3 Thirdoctave analysis in point no. 2 – maximum and minimum level comparison

Z diagramu na obr. 3. vyplýva, že aj keď je pri lise premenný hluk, jeho dynamika nie je veľmi vysoká a vo frekvenčnom pásme od 200 do 4000 Hz je len okolo 5 dB.

Na diagrame (obr. 4) je väčšinou spojité spektrum s diskrétnou zložkou pri 31,5 Hz. Ide zrejme o rezonanciu, avšak vzhľadom na jej frekvenciu, nemá vážny dopad na zdravie obsluhy, lebo korekcia váhovej funkcie A je pre 31,5 Hz rovná – 39,4 dB.

Z merania nie je možné priamo identifikovať fakt, že počas merania v mieste č. 2 boli výsledky ovplyvnené hlukom budeným medzi lisom a sušiarňou nárazmi.

5. Záver

V prípade, že chceme posúdiť zákonitosti poklesu hladiny hluku veľkého počtu zdrojov hluku (pre jednoduchosť predpokladajme rovnako silné zdroje), výpočtom zo známych zákonitostí, alebo odčítaním hodnôt z publikovaných nomogramov zistíme, že ak by sme napr. chceli na okraji prevádzky dosiahnuť pokles hladiny hluku o 3 dB(A), museli by sme akusticky odbúrať polovicu rovnako hlučných strojov. Ak však napr. požadujeme zníženie ustáleného

hluku o 10 dB(A), znamená to odstrániť 90 % energie hluku, čo je vo výrobnej hale s viacerými zdrojmi hluku väčšinou technicky neriešiteľný problém.

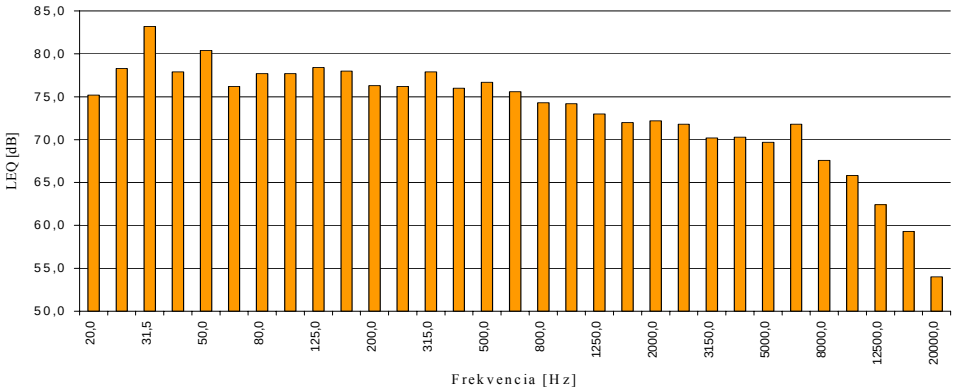

Fig.4 Thirdoctave analysis in point no. 2

Použitím vzorca pre energetické sčítanie, dostaneme obraz o tom, ako by klesala hladina hluku sanáciou jednotlivých zdrojov, alebo ako by stúpala výsledná hladina zvyšovaním počtu takýchto zdrojov. Výsledné hodnoty pre rôzne počty zdrojov až do počtu 24, sú uvedené v tab. 2.

Table 2 Results for various numbers of sources

počet rovnakých zdrojov	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	23	24
zvýšenie výslednej hladiny v dB	0	3	4,8	6	7	7,8	8,5	9	9,5	10	13,6	13,8

Z tabuľky je zrejmé. že ak by sme z 10 zdrojov hluku úplne vyriešili hluk jedného zdroja (teda počet zdrojov by sa znížil z 10 na 9), dosiahli by sme zníženie hladiny hluku o 0,5 dB, čo je takmer zanedbateľný výsledok (ktorý v praxi často ani nedokážeme zmerať). Ak by bol počet zdrojov hluku 24 a vyriešili by sme jeden zdroj, potom pokles hladiny hluku by bol len o 0,2 dB(A), čo už je skutočne zanedbateľný výsledok.

Pri posúdení možností riešenia sa ukázalo ako najvhodnejšie riešenie ohlučnenie technologického zariadenia s využitím zvukovoizolačných materiálov ako aj celej výrobnej haly. Ďalším z možných riešení je využitie osobných ochranných protihlukových pomôcok.

V technickej literatúre sa spravidla udáva, že vzrast hlučnosti v našom životnom prostredí je cca 1 dB(A) za rok. I keď je to údaj orientačný, ukazuje na prudký vzrast hlučnosti a varuje pred ďalším možným nepriaznivým vývojom.

Tieto skutočnosti by mali viesť človeka k tomu, aby sa s podstatne väčšou intenzitou venoval otázkam príčin vzniku nadmerného kmitania a hluku strojov, strojových zariadení, ako aj všetkým činnostiam, ktoré spôsobujú významné nežiadúce kmitanie, otrasy a hluk. Túto aktivitu treba vyvinúť predovšetkým vo vzdelávacej, technickej a technologickej oblasti, ale aj legislatívnej, osvetovej a sociálnej oblasti.

Aj napriek tomu, že málokto pochybuje o tom, že hluk a kmitanie sú negatívnym civilizačným prejavom, ktoré človeku škodia, je mnoho ľudí zároveň presvedčených, že hluk, ktorý produkuje sám jednotlivec alebo o jeho vzniku a šírení rozhoduje, ešte nie je taký závažný,

aby ho bolo treba znížiť alebo odstrániť. Do určitej miery je to aj pochopiteľné, lebo hluk a kmitanie, s ktorými sa človek stretáva, sa bezprostredne neprejavujú bolesťou alebo viditeľnou poruchou organizmu človeka. takýto prístup je však veľmi krátkozraký a veľmi škodlivý pre jednotlivca a spoločnosť.

Poďakovanie

Táto práca vznikla v rámci riešenia grantového projektu VEGA MŠ SR č. 1/0399/03 „Integrovaná prevencia v ochrane životného prostredia v hutníctve“.

Literatúra

[1] Gdovičinová L.: Posúdenie hluku v organizácii, Diplomová práca, KIM HF TU Košice, 2003.
[2] Žiaran S.: Ochrana človeka pred kmitaním a hlukom, STU Bratislava, 2001.
[3] Žiaran S.: Znižovanie hluku a kmitania, STU Bratislava, 1997
[4] Janeček P. a kol.: Snižovaní hluku v průmyslových závodech, Práce Praha, 1986.
[5] Magrab E.B.: Environmental Noise Control, John Wiley and sons, 1975.
[6] Kinsler L.E. a kol.: Fundamentals of acoustic, John Wiley and sons, 1982.
[7] NV SR č. 40/2002 o ochrane zdravia pred hlukom a vibráciami.
[8] STN ISO 9612 (01 1623) Akustika. Pokyny na meranie a hodnotenie hlukovej expozície v pracovnom prostredí.
[9] Liberko M.: Hluk a akustika prostredia, STNL Praha, 1989.
[10] Hlína J., Geryk E.: Riziko hluku v životním a pracovním prostředí, Brno, 1984.