
METODICKÁ OPATŘENÍ

MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ - HLAVNÍ HYGIENIK ČESKÉ REPUBLIKY

METODICKÝ NÁVOD

pro měření a hodnocení hluku v pracovním prostředí a vibrací

V Praze dne 26.4.2001

Č.j. HEM-300-26.4.01-16344

Ref.: Ing. Jiří Svačina

Ministerstvo zdravotnictví - hlavní hygienik České republiky vydává podle § 80 odst.1 písm. a) zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů

metodický návod

ke sjednocení postupu orgánů a zařízení ochrany veřejného zdraví při měření a hodnocení hluku v pracovním prostředí a vibrací.

Úvodní část

V metodickém návodu jsou uvedeny metody měření a hodnocení hluku v pracovním prostředí a vibrací. Pokud existují harmonizované české technické normy je uveden odkaz na tyto normy s případnými doplňky. Pokud takové normy neexistují je uvedena metodika podrobně. Hodnocení profesionální expozice hluku nebo vibrací je možné buď normováním naměřené hodnoty na dobu pracovní směny, nebo úpravou nejvyšší přípustné hodnoty podle korekce na dobu práce za směnu. Metodika měření a hodnocení je doplněna o postup stanovení nejistot měření. Nejistota měření hluku a vibrací je parametr, který rozšiřuje naměřenou hodnotu na oblast, v níž se nachází s 90 % pravděpodobností změřená hodnota.

HLUK V PRACOVNÍM PROSTŘEDÍ

§ 1

Měřicí přístroje

(1) K měření hluku v pracovním prostředí se používají konvenční zvukoměry vyhovující požadavkům ČSN IEC 651 a integrující-průměrující zvukoměry vyhovující požadavkům ČSN EN 60804 + A2. K měření hlukové zátěže se používají osobní hlukové expozimetry splňující požadavky ČSN IEC 1252. Při kmitočtové analýze hluku, nízkofrekvenčního a vysokofrekvenčního hluku se používají pásmové filtry, které splňují požadavky ČSN EN 61260.

(2) Provozní kalibrace zvukoměrné techniky před měřením, v jeho průběhu a po jeho ukončení se provádí akustickými kalibrátory, které vyhovují požadavkům ČSN EN 60942 nebo pistonfony (včetně kalibrovaného barometru), které se ve smyslu normy ČSN ISO 9612 považují za akustické kalibrátory třídy 0.

(3) Měřicí mikrofony, zvukoměry třídy 1 a třídy 2 a pásmové filtry jsou zařazeny ve vyhlášce č. 263/2000 Sb. jako stanovená měřidla, které podle zákona č. 505/1990 Sb., v platném znění, podléhají úřednímu ověření. Všechna stanovená měřidla používaná k měření hluku v pracovním prostředí musí být vybavena platným ověřovacím listem. Akustické kalibrátory a pistonfony používané k měření musí být vybaveny kalibračním listem, jehož datum vydání není starší než 2 roky.

§ 2 České technické normy

Směrnice pro měření hluku v pracovním prostředí jsou obsaženy v ČSN ISO 9612 „Akustika – Směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí“ a v ČSN ISO 1999 „Akustika – Stanovení expozice hluku na pracovišti a posouzení zhoršení sluchu vlivem hluku“. Termíny „normovaná hladina expozice hluku pro běžnou dobu trvání pracovního dne 8 h“ a „směňová hladina expozice hluku“ mají stejný význam. Infrazvuk a nízkofrekvenční hluk se měří navíc v souladu ČSN ISO 7196 „Akustika – Frekvenční váhová funkce pro měření infrazvuku“.

§ 3 Metody, které nejsou přímo obsaženy v českých technických normách

(1) Nízkofrekvenční a vysokofrekvenční hluk se měří v souladu s principy uvedenými v ČSN ISO 9612. Definice nízkofrekvenčního a vysokofrekvenčního hluku uvedená v příloze č.1 k nařízení vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací zahrnuje jak hluk s výraznými tónovými složkami, tak širokopásmový hluk s významnými hladinami akustického tlaku v oblasti nejnižších resp. nejvyšších slyšitelných kmitočtů.

Nízkofrekvenční hluk se posuzuje v třetinooktávových pásmech 20 Hz až 40 Hz. Výskyt nízkofrekvenčního hluku na pracovním místě se zjišťuje měřením hladin akustického tlaku A a C. Výskyt nízkofrekvenčního hluku je prokázán, je-li rozdíl $L_C - L_A$ větší než 20 dB. Za krátkodobou expozici infrazvuku v třetinooktávových pásmech 1 Hz až 16 Hz a nízkofrekvenčnímu hluku v třetinooktávových pásmech 20 Hz až 40 Hz se považuje expozice kratší než 8 min.

(2) Vysokofrekvenční hluk se posuzuje v třetinooktávových pásmech 8 kHz až 16 kHz. Výskyt vysokofrekvenčního hluku se zjišťuje měřením okamžitých hladin akustického tlaku v třetinooktávových pásmech 8 kHz až 16 kHz. Výskyt vysokofrekvenčního hluku je prokázán, překračují-li okamžité hladiny akustického tlaku v daných třetinooktávových pásmech hladinu akustického tlaku 70 dB. Leží-li dominantní kmitočty zdroje mezi 16 a 20 kHz, provádí se pásmová analýza s poměrnou šířkou pásma 6% a výsledky se vyjadřují v ekvivalentních hladinách akustického tlaku.

(3) Korekce na hluk s výraznými tónovými složkami se nepoužívá pro druh fyzické práce ve skupině VI. podle přílohy č. 2 k nařízení vlády č. 502/2000 Sb.

§ 4 Nejistoty měření

(1) Nejistota měření hluku, infrazvuku a ultrazvuku se stanovuje v souladu se zásadami uvedenými v příloze D ČSN ISO 9612, dokumentem EAL – G23 Vyjadřování nejistot v kvantitativním zkoušení, ČIA 1996 a dokumentem EAL-R2 Vyjadřování nejistoty měření při kalibraci, EAL 1997.

(2) Celková nejistota měření ε zohledňuje nejistotu danou měřicími přístroji (u_i) a nejistotu danou použitým postupem měření (u_s).

Tabulka č. 1 Nejistota u_i daná měřicími přístroji

1 Zvukoměr v souladu s ČSN IEC 651	Třída 1	Třída 2	Třída 3
2 Integrovaný-průměrovací zvukoměr v souladu s ČSN EN 60804	Třída 1	Třída 2	Třída 3
3 Akustický kalibrátor v souladu s ČSN EN 60942	Třída 0 nebo Třída 1	Třída 1	Třída 2
4 Nejistota u_i	0,7 dB	1 dB	1,5 dB

POZNÁMKA Tato nejistota je odhadnuta pro obvyklé hluky v dílnách, které mají širokopásmové kmitočtové spektrum omezené 8 kHz a jejichž směr dopadu je známý.

Nejistota v důsledku vzorkování (u_s) se posuzuje podle ČSN ISO 9612, tabulka D.1 a určuje se ve formě 90% konfidenčních mezí nebo pomocí vztahu uvedeného v D.1.3 pro $\alpha = 0,1$. Článek D.1 se používá jen v případě měření dějů s normálním rozdělením hladin akustického tlaku přístroji, které nejsou vybaveny lineární integrací signálu, nebo přístroji s odečtem okamžitých hodnot ze stupnice či displeje. Při použití lineárně integrujících zvukoměrů je celková nejistota dána buď tabulkou 1 (měří se po celou dobu expozice), nebo tabulkou 2 (měření pokrývá jen část doby expozice).

Trvá-li měření po celý časový interval T , je třeba uvážit, že se celková nejistota ε rovná nejistotě u_i uvedené v tabulce 1.

Pokud se používá vzorkování, musí se celková nejistota ε uvažovat jako druhá odmocnina ze součtu čtverců u_i a u_s :

$$\varepsilon = \sqrt{u_i^2 + u_s^2}$$

Pokud se nepoužívá vzorkování, ale měření nepokrývá celý časový interval T (např. měření se provádějí během specifických časových intervalů, které obsahují typické hluky), je celková nejistota ε uvedena v tabulce č. 2 podle třídy použitého měřicího přístroje a třídy akustického kalibrátoru.

Tabulka č. 2 Celková nejistota ε pokud se nepoužívá vzorkování a neměří se po celou dobu T

1 Zvukoměr v souladu s ČSN IEC 651	Třída 1	Třída 2	Třída 3
2 Integrovaný-průměrovací zvukoměr v souladu s ČSN EN 60804	Třída 1	Třída 2	Třída 3
3 Akustický kalibrátor v souladu s ČSN EN 60942	Třída 0 nebo Třída 1	Třída 1	Třída 2
4 Nejistota ε	1,6 dB	3 dB	8 dB

Je-li expozice hluku složena z dílčích, navzájem zcela odlišných expozic (mění se podstatně kmitočtové složení a časový průběh hluku), určuje se příslušná celková nejistota z dílčích složek nejistoty. Pokud nelze některé složky nejistoty odvodit, určí se příslušná složka kvalifikovaným odhadem. Na základě stanovení celkové nejistoty ε se určí třída přesnosti měření.

Tabulka č. 3 Třídy přesnosti měření

Celková nejistota ε v decibelech	$\varepsilon \leq 1,6$	$1,6 < \varepsilon \leq 3$	$3 < \varepsilon \leq 8$
Třída přesnosti měření	1	2	3
Označení	Referenční Měření	Technické Měření	Provozní Měření

Porovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku s nejvyšší přípustnou hodnotou se provádí s uvažováním celkové nejistoty ε .

Nejvyšší přípustná hodnota je prokazatelně překročena, pokud $L_{Aeq,T} - \varepsilon > L_{lim}$.

Nejvyšší přípustná hodnota je prokazatelně dodržena, pokud $L_{Aeq,T} + \varepsilon < L_{lim}$.

Pokud $L_{Aeq,T} - \varepsilon \leq L_{lim} \leq L_{Aeq,T} + \varepsilon$, nelze učinit žádný závěr a měření se musí zopakovat přesnější metodou. Konečný výsledek hodnocení vyplývá z měření v první třídě přesnosti.

VIBRACE

§ 5

Měřicí přístroje

(1) Přístroje, které se používají k měření vibrací přenášených na člověka, musí vyhovovat požadavkům ČSN ISO 8041 „Vibrace působící na člověka – Měřicí přístroje a ČSN ISO 8041/Změna 1. Pokud metoda připevnění snímače není uvedena v příslušné české technické normě, musí zásady připevnění snímače vyhovovat požadavkům ČSN ISO 5348 „Vibrace a rázy – Mechanické připevnění akcelerometrů“. V případě vibrací přenášených na ruce se používají rovněž úchyty uvedené v ČSN EN 28662-1 až 14. Při měření celkových vibrací se na sedadle zaměstnance nebo v místě jeho nohou používá přednostně úchyt popsaný na obrázku 4 v ČSN EN 1032. Nelze-li takový úchyt použít, doporučuje se pro snímání celkových vibrací u stojících osob rovná kovová deska o rozměrech 400 x 300 x 10 mm, do jejíhož středu se umístí snímač. Při měření je deska zatížena hmotností pracovníka.

(2) Provozní kalibrace vibrometrů se před měřením, v jeho průběhu a po jeho ukončení provádí vibračními kalibrátory. Pravidelnou kalibraci přenosných nebo stacionárních vibračních kalibrátorů, snímačů vibrací a vibrometrů zajišťuje Český metrologický institut. Datum vydání kalibračního listu k vibračnímu kalibrátoru nesmí být starší než 2 roky.

§ 6

České technické normy

(1) Přehled technických norem, které se používají při měření vibrací přenášených na člověka, je uveden v tabulce 4.

Tabulka 4 Přehled hlavních českých technických norem

Druh vibrací	Označení ČSN	Název	Kmitočtový rozsah	Deskriptor
Celkové vibrace na pracovním místě a celkové vertikální vibrace o kmitočtu nižším než 0,5 Hz	ČSN ISO 2631-1:1999	Vibrace a rázy- Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 1: Všeobecné požadavky	0,5 – 80 Hz resp.1000 Hz; 0,1 – 0,4 Hz	Hladiny nebo hodnoty zrychlení horizontálních a vertikálních vibrací v jednotlivých směrech
Vibrace a otřesy ve stavbách	ČSN ISO 2631-2:1994	Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 2: Nepřerušované vibrace a rázy v budovách (1 až 80 Hz)	1 – 80 Hz	Hladiny nebo hodnoty zrychlení horizontálních a vertikálních vibrací v jednotlivých směrech
Vibrace přenášené na ruce	ČSN ISO 5349:1994	Směrnice pro měření a hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce	8 – 1000 Hz	Souhrnná hladina nebo hodnota vibrací z jednotlivých směrů

(1) Celkové vibrace a vertikální vibrace o kmitočtu nižším než 0,5 Hz se měří a v souladu s ČSN ISO 2631-1 „Vibrace a rázy – Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 1: Všeobecné požadavky“. Při měření celkových vibrací se určují translační zrychlení ve třech směrech podle soustavy souřadnic lidského těla. Hodnocení vibrací se provádí s ohledem na nejvyšší hodnotu zrychlení v kterémkoliv z uvedených směrů v místě přenosu vibrací na člověka. Pokud je to možné, měří se celkové vibrace ve třech směrech současně. Při postupném měření vibrací v jednotlivých směrech je třeba dodržet stejnou dobu měření, opakovat shodný pracovní cyklus a dbát na dodržení shodných podmínek měření. Při postupném měření vibrací v jednotlivých směrech se snižuje přesnost měření. V takovém případě musí pracovník provádějící měření určit příslušnou složku nejistoty. Postupné měření celkových vibrací může být zařazeno do 1. třídy přesnosti jen v takovém případě, pokud se prokáže dominantní směr vibrací (vibrace v ostatních směrech nedosahují 30 % hodnoty v dominantním směru).

U sedadel, sedaček a plošin, které jsou součástí strojů, jejichž obsluha vykonává fyzickou práci (tj. rutinní pracovní činnost, řízení motorových vozidel, fyzická práce náročná na přesnost a soustředění atp.), se korekce na druh práce a povahu vibrací podle § 15 nařízení vlády č. 502/2000 Sb. nahrazuje korekcí 0 dB.

Celkové vibrace v budovách se měří v souladu s ČSN ISO 2631-2 „Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 2: Nepřerušované vibrace a rázy vybuzevané vibrace v budovách (1 až 80 Hz). Při měření vibrací v budovách se používá kombinovaná křivka pro neurčené směry expozice člověka vibracím.

Vibrace přenášené na ruce se měří v souladu ČSN ISO 5349 „Směrnice pro měření a hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce“. Denní expozice vibracím přenášeným na ruce se však vyjadřuje pro dobu 8 h. Z průměrných hodnot nebo hladin zrychlení vibrací určených v jednotlivých směrech soustavy souřadnic ruky se určí souhrnná hodnota vibrací a_{hv} nebo souhrnná hladina zrychlení vibrací $L_{a,hv}$ (vektorový součet) podle následujících vztahů:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hx}^2 + a_{hy}^2 + a_{hz}^2}$$

kde a_{hx} , a_{hy} a a_{hz} , jsou průměrné hodnoty zrychlení stanovené v jednotlivých směrech měření v $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

$$L_{a,hv} = 10 \log \left(10^{0,1L_{a,hx}} + 10^{0,1L_{a,hy}} + 10^{0,1L_{a,hz}} \right)$$

kde $L_{a,hx}$, $L_{a,hy}$ a $L_{a,hz}$ jsou průměrné hladiny zrychlení stanovené v jednotlivých směrech měření v dB.

Podle výše uvedených vztahů se vypočítají souhrnné hodnoty (hladiny) vibrací jak pro vážené hodnoty (hladiny) zrychlení, tak hodnoty (hladiny) zrychlení vibrací v třetinooktákových pásmech, který byly změřené v jednotlivých směrech.

Pokud je to možné, měří se vibrace ve třech směrech současně. Při postupném měření vibrací v jednotlivých směrech je třeba dodržet stejnou dobu měření, opakovat shodný pracovní cyklus a dbát na dodržení shodných podmínek měření. Při postupném měření vibrací v jednotlivých směrech se snižuje přesnost měření. V takovém případě musí pracovník provádějící měření určit příslušnou složku nejistoty. Postupné měření vibrací přenášených na ruce v jednotlivých směrech může být zařazeno do 1. třídy přesnosti, jen tehdy, pokud vibrace mají jeden dominantním směr (vibrace v ostatních směrech nedosahují 30 % hodnoty v tomto směru) a složka nejistoty vyplývající z postupného měření je tak nízká, že celková nejistota měření nepřekročí 2 dB.

§ 7

Metody, které nejsou obsaženy v českých technických normách

Vibrace přenášené zvláštním způsobem se posuzují v místě jejich přenosu na člověka v kmitočtovém rozsahu 1 až 1000 Hz. Pokud není dominantní směr kmitání zdroje vibrací, měří se posuvné vibrace ve třech navzájem kolmých směrech. Pokud se vibrace snímají na povrchu lidského těla, musí se stanovit přenos vibrací z místa jeho vstupu do lidského organismu a místem měření v závislosti na kmitočtu. Naměřené hodnoty vibrací se musí podle této přenosové funkce korigovat. Hmotnost soustavy úchyty a snímače nesmí v takovém případě překročit 2 g. Úchyt může mít tvar tenké kovové destičky, připevněné k povrchu těla oboustrannou lepicí páskou. Snímač se k této destičce připevní voskem nebo lepidlem. V každém případě musí připevnění snímače vyhovovat požadavkům ČSN ISO 5348. Stejným způsobem se v kmitočtovém rozsahu 5 Hz až 1500 Hz měří segmentální vibrace přenášené na ruce z vibrujících nástrojů a opracovávaných předmětů. Segmentální vibrace přenášené na ruce a vibrace přenášené na nezatížené nohy sedící osoby hodnotí jako vibrace přenášené na ruce.

§ 8

Nejistoty měření

(1) Nejistoty měření se stanovují v souladu dokumentem EAL – G23 Vyjadřování nejistot v kvantitativním zkoušení, ČIA 1996 a dokumentem EAL-R2 Vyjadřování nejistoty měření při kalibraci, EAL 1997 podle následujícího postupu.

(2) Při měření vibrací přenášených na člověka může být nejistota měření ovlivněna následujícími faktory, které se vztahují k jednotlivému měření:

- přesnost měřicího přístroje;
- kalibrace;
- elektrické rušení;
- připevnění snímače zrychlení;
- umístění a orientace snímačů zrychlení;
- změny polohy těla a provozu stroje vyvolané vlastním měřením;

- změny pracovního postupu v důsledku vlastního měření.

Zdroje nejistoty budou záviset na povaze práce. Osoba provádějící měření musí určit hlavní zdroje nejistoty. K danému účelu se musí provést opakovaná měření a vypočítat směrodatná odchylka výsledků.

(3) Nejistota v odhadu doby trvání expozice je ovlivněna nejistotou

- měření dob trvání pracovních operací nebo cyklů;
- odhadem počtu pracovních operací nebo cyklů za den;
- odhadů dob trvání poskytnutých pracovníky nebo jejich vedoucími;
- variabilitou pracovních úkolů v jednotlivých pracovních dnech.

(4) Nejistota hodnocení denní expozice vibracím je ovlivněna nejistotou

- hodnocení velikosti vibrací;
- hodnocení doby trvání expozice.

(5) Celková nejistota měření vibrací ε zohledňuje nejistotu danou měřicími přístroji (u_i) a nejistotou danou použitým postupem měření (u_s).

Tabulka č. 4 Nejistota u_i daná měřicími přístroji

1 Vibrometr v souladu s ČSN ISO 8041	Třída 1	Třída 2	Třída 2
2 Vibrační kalibrátor	s automatickou korekcí amplitudy kmitání podle hmotnosti snímače	s automatickou korekcí amplitudy kmitání podle hmotnosti snímače	s manuální korekcí amplitudy kmitání podle hmotnosti snímače
3 Nejistota u_i	1 dB	1,5 dB	2 dB

POZNÁMKA Tato nejistota je odhadnuta pro vibrace přenášené na člověka, které jsou snímány stanovenými úchyty a jejichž činitel výkmitu je nižší než 9.

Stacionární kalibrátor používaný při laboratorním měření se podle tabulky 4 zařazuje do skupiny kalibrátorů s automatickou korekcí amplitudy kmitání.

Nejistota v důsledku vzorkování (u_s) se posuzuje podle ČSN ISO 9612, tabulka D.1 a určuje se ve formě 90% konfidenčních mezí nebo pomocí vztahu uvedeného v D.1.3 pro $\alpha = 0,1$. Článek D.1 se používá jen v případě měření dějů s normálním rozdělením hladin zrychlení vibrací přístroji, které nejsou vybaveny lineární integrací signálu, nebo přístroji s odečtem okamžitých hodnot ze stupnice či displeje. Při použití lineárně integrujících vibrometrů je celková nejistota dána buď tabulkou 4 (měří se po celou dobu expozice), nebo tabulkou 5 (měření pokrývá jen část doby expozice).

Trvá-li měření po celý časový interval T , je třeba uvážit, že se celková nejistota ε rovná nejistotě u_i uvedené v tabulce 4.

Pokud se používá vzorkování, musí se celková nejistota ε uvažovat jako druhá odmocnina ze součtu čtverců u_i a u_s :

$$\varepsilon = \sqrt{u_i^2 + u_s^2}$$

Pokud se nepoužívá vzorkování, ale měření nepokrývá celý časový interval T (např. měření se provádějí během specifických časových intervalů, které obsahují typické vibrace), je celková nejistota ε uvedena v tabulce č. 5 podle třídy použitého měřicího přístroje a typu kalibrátoru.

Tabulka č. 5 Celková nejistota ε pokud se nepoužívá vzorkování a neměří se po celou dobu T

1 Vibrometr v souladu s ČSN ISO 8041	Třída 1	Třída 2	Třída 2
2 Vibrační kalibrátor	s automatickou korekcí amplitudy zrychlení podle hmotnosti snímače	s automatickou korekcí amplitudy zrychlení podle hmotnosti snímače	s manuální korekcí amplitudy zrychlení podle hmotnosti snímače
3 Nejistota ε	2 dB	3 dB	5 dB

Podle celkové nejistoty ε jsou definovány tři třídy přesnosti měření, které jsou uvedeny v tabulce 6. Uvedené hodnoty celkové nejistoty se vztahují k měření vážených hladin zrychlení vibrací a hladin zrychlení vibrací v třetinooktávových pásmech, pokud se měří stacionární vibrace. Je-li expozice vibracím složena z dílčích, navzájem zcela odlišných expozic (mění se podstatně kmitočtové složení a časový průběh vibrací), určuje se příslušná celková nejistota z dílčích složek nejistoty. Pokud nelze některé složky nejistoty odvodit, určí se příslušná složka kvalifikovaným odhadem.

Tabulka č. 6 Třídy přesnosti měření vibrací

Celková nejistota ε v decibelech	$\varepsilon \leq 2$	$2 < \varepsilon \leq 3$	$3 < \varepsilon \leq 5$
Třída přesnosti měření	1	2	3
Označení	Referenční Měření	Technické Měření	Provozní měření

(6) Porovnání hladiny zrychlení vibrací L_a naměřené podle tohoto metodického návodu se stanovenou nejvyšší přípustnou hladinou L_{lim} by se mělo provést s uvážením nejistoty ε přidružené k uskutečněnému měření podle následujícího postupu:

Nejvyšší přípustná hodnota je prokazatelně překročena, pokud $L_a - \varepsilon > L_{lim}$.

Nejvyšší přípustná hodnota je prokazatelně dodržena, pokud $L_a + \varepsilon < L_{lim}$.

Pokud $L_a - \varepsilon \leq L_{lim} \leq L_a + \varepsilon$, nelze učinit žádný závěr a měření se musí zopakovat přesnější metodou. Konečný výsledek hodnocení vyplývá z měření v první třídě přesnosti.

MUDr. Michael Vít v.r.
hlavní hygienik ČR