

## METODICKÝ NÁVOD PRO MĚŘENÍ A HODNOCENÍ HLUKU A VIBRACÍ NA PRACOVIŠTI A VIBRACÍ V CHRÁNĚNÝCH VNITŘNÍCH PROSTORECH STAVEB

Ministerstvo zdravotnictví 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 při měření a hodnocení hluku a vibrací na pracovišti a vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb.

### Úvod

V tomto metodickém návodu jsou uvedeny metody měření a hodnocení hluku a vibrací na pracovišti a vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb. Pokud existují harmonizované české technické normy, je uveden odkaz na tyto normy s případnými doplňky. Pokud takové normy neexistují, je uvedena metodika podrobně. Metodika měření a hodnocení hluku a vibrací na pracovišti je doplněna o postup stanovení nejistot měření. Rozšířená nejistota měření hluku a vibrací je parametr přidružený k výsledku měření, který určuje konfidenční interval, ve kterém se s 95 % pravděpodobností nachází správná hodnota.

### HLUK NA PRACOVIŠTI

#### Měřidla

- (1) K měření hluku na pracovišti se používají zvukoměry třídy 1 nebo třídy 2 vyhovující požadavkům ČSN EN 61672-1 nebo ČSN IEC 651+A1 a ČSN EN 60804+A2. K přímému měření expozice hluku u zaměstnance se používají osobní zvukové expozimetry splňující požadavky ČSN IEC 1252+A1. Při kmitočtové analýze hluku, nízkofrekvenčního a vysokofrekvenčního hluku, infrazvuku a ultrazvuku se používají pásmové filtry třídy 1 nebo třídy 2, které splňují požadavky ČSN EN 61260+A1. Používané měřicí mikrofony musí splňovat požadavky pro pracovní etalonové mikrofony podle série ČSN EN 61094.
- (2) Provozní kalibrace zvukoměrné techniky před měřením, v jeho průběhu a po jeho ukončení se provádí akustickými kalibrátory třídy 1 nebo třídy 2, které vyhovují požadavkům ČSN EN 60942, nebo pistonfony (včetně kalibrovaného barometru), které se ve smyslu požadavků normy ČSN EN 60942 považují za akustické kalibrátory třídy 1 nebo třídy 2.
- (3) Měřicí mikrofony, přístroje pro měření zvuku třídy 1 a třídy 2 (tj. zvukoměry – spektrální analyzátoři), osobní zvukové expozimetry a pásmové filtry třídy 1 a třídy 2 jsou zařazeny ve vyhlášce č. 345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve znění pozdějších předpisů jako stanovená měřidla, která podle zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů podléhají státní metrologické kontrole měřidel. Všechna stanovená měřidla používaná k měření hluku na pracovišti 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.
- (4) Pomocná pracovní měřidla (barometr, vlhkoměr, teploměr a anemometr) používaná při měření hluku na pracovišti musí mít platný kalibrační list.
- (5) Při měření infrazvuku se používají měřidla, která vyhovují požadavkům uvedeným v ČSN ISO 7196, Příloze A.
- (6) Při měření ultrazvuku se používají měřidla, která v rozsahu slyšitelných kmitočtů vyhovují technickým požadavkům pro zvukoměry třídy 1 nebo třídy 2, a které podle technických údajů výrobce umožňují také měření hladin akustického tlaku v třetinooktávových pásmech v kmitočtovém rozsahu ultrazvuku šířeného vzduchem alespoň do kmitočtu 63 kHz. Měřicí systém pro měření ultrazvuku musí indikovat hladiny akustického tlaku v decibelech vztahené k referenční hodnotě 20  $\mu$ Pa. Měřicí mikrofon vybavený platným ověřovacím listem pro rozsah slyšitelných kmitočtů musí mít v kmitočtovém rozsahu od 10 kHz do 63 kHz plochou kmitočtovou charakteristiku s tolerancí  $\pm 2$  dB. S ohledem na směrové účinky mikrofonu a požadovaný kmitočtový rozsah se doporučuje k měření ultrazvuku používat 1/4" (čtvrtpalcový) nebo 1/8" (osminopalcový) měřicí mikrofony. Ke kalibraci měřidel pro měření ultrazvuku se doporučuje používat vícekmitočtový akustický kalibrátor s pracovním kmitočtem až do 16 kHz. Kalibraci se doporučuje provádět v rozsahu linearity měřicího systému na hladině akustického tlaku srovnatelné s hladinou ultrazvuku, která se má měřit.

### Měření a hodnocení hluku na pracovišti podle českých technických norem

- (1) Postupy pro měření a hodnocení hluku na pracovišti jsou obsaženy v ČSN ISO 1999 Akustika – Stanovení expozice hluku na pracovišti a posouzení zhoršení sluchu vlivem hluku<sup>1)</sup> a v ČSN EN ISO 9612 Akustika – Určení expozice hluku na pracovišti – Technická metoda. Primárně se ČSN EN ISO 9612 používá pro 2. třídu přesnosti, ale obecné zásady měření či strategie měření hluku jsou platné také pro 1. nebo 3. třídu přesnosti. Prodloužíme-li dobu měření hluku, postihneme více pracovních úloh a provedeme-li měření u více zaměstnanců ve skupině na daném pracovišti, sníží se rozšířená nejistota měření a můžeme se dostat do 1. třídy přesnosti nebo naopak.
- (2) Termíny „normalizovaná hladina expozice hluku pro běžnou dobu trvání pracovního dne 8 h“ (ČSN ISO 1999, 3.6) a „hladina denní expozice hluku A“ (ČSN EN ISO 9612, 3.2) mají stejný význam jako ekvivalentní hladina akustického tlaku  $L_{A_{eq, 8h}}$  za osmihodinovou směnu.
- (3) Infrazvuk a nízkofrekvenční hluk se měří navíc v souladu ČSN ISO 7196 „Akustika – Frekvenční váhová funkce pro měření infrazvuku“.

### Měření a hodnocení nízkofrekvenčního a vysokofrekvenčního hluku a ultrazvuku

- (1) Nízkofrekvenční a vysokofrekvenční hluk se měří v souladu s principy uvedenými v ČSN ISO 1999 a ČSN EN ISO 9612. Nízkofrekvenční a vysokofrekvenční hluk posuzovaný v příslušných třetinooktákových pásmech v oblasti nejnižších resp. nejvyšších slyšitelných kmitočtů zahrnuje jak hluk s výraznými tónovými složkami, tak širokopásmový hluk s významnými hladinami akustického tlaku. Nízkofrekvenční hluk se posuzuje v třetinooktákových pásmech se středním kmitočtem od 20 Hz do 40 Hz tak, že se ze změřených  $L_{req, T}$  stanoví  $L_{req, 8h}$ . Výskyt nízkofrekvenčního hluku se na daném místě zjišťuje měřením okamžitých hladin akustického tlaku A a C. Výskyt nízkofrekvenčního hluku je prokázán, je-li rozdíl  $L_{pC} - L_{pA}$  větší než 20 dB. Za krátkodobou expozici infrazvuku v třetinooktákových pásmech se středními kmitočty od 1 Hz do 16 Hz a nízkofrekvenčnímu hluku v třetinooktákových pásmech se středními kmitočty od 20 Hz do 40 Hz, se považuje expozice kratší než 8 minut.
- (2) Vysokofrekvenční hluk se posuzuje v třetinooktákových pásmech se středními kmitočty od 8 kHz do 16 kHz tak, že se ze změřených  $L_{req, T}$  stanoví  $L_{req, 8h}$ . Výskyt vysokofrekvenčního hluku se zjišťuje měřením okamžitých hladin akustického tlaku v třetinooktákových pásmech se středními kmitočty od 8 kHz do 16 kHz. Výskyt vysokofrekvenčního hluku je prokázán, překračují-li okamžité hladiny akustického tlaku v daných třetinooktákových pásmech hladinu akustického tlaku 75 dB.
- (3) Ultrazvuk se posuzuje v třetinooktákových pásmech se středními kmitočty od 20 kHz do 40 kHz tak, že se ze změřených  $L_{req, T}$  stanoví  $L_{req, 8h}$ . Výskyt ultrazvuku se zjišťuje měřením okamžitých hladin akustického tlaku v třetinooktákových pásmech se středními kmitočty od 20 kHz do 40 kHz. Výskyt vysokofrekvenčního hluku je prokázán, překračují-li okamžité hladiny akustického tlaku v daných třetinooktákových pásmech hladinu akustického tlaku 105 dB.

### Stanovení průměrné expozice hluku na pracovišti za sledované období

- (1) Při stanovení průměrné expozice hluku na pracovišti za sledované období jednoho týdne, měsíce a za delší časové období pro účely hodnocení expozice se vychází z celkového počtu pracovních směn v daném období a počtu pracovních směn, při kterých je zaměstnanec exponován hluku.
- (2) Daný postup je možné použít také v případě pravidelných nebo nepravidelných pracovních směn s odlišnou dobou trvání než 8 hodin, při proměnlivém počtu hodin za sledované období, avšak jednotlivé denní expozice hluku je třeba nejprve normovat na vztažnou dobu 8 hodin. Sledovaným obdobím se rozumí i pracovní doba zaměstnanců, pracujících na základě dohod o pracích konaných mimo pracovní poměr.
- (3) Průměrná týdenní expozice hluku  $L_{A_{eq, w}}$  se vypočítá podle vztahu:

$$L_{A_{eq, w}} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{5} \left( \sum_{k=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_{A_{eq, 8h, k}})} \right) \right], [\text{dB}],$$

kde  $n$  je počet směn během pracovního týdne, při kterých je zaměstnanec exponován hluku.

<sup>1)</sup> ČSN ISO 1999 je harmonizovaná, viz směrnice 2003/10/ES a také Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.

- (4) Průměrná měsíční expozice hluku  $L_{Aeq,s}$  se vypočítá podle vztahu:

$$L_{Aeq,s} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{s} \left( \sum_{k=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,8h,k})} \right) \right], [\text{dB}],$$

kde  $n$  je počet směn během pracovního měsíce, při kterých je zaměstnanec exponován hluku a  $s$  je celkový počet pracovních dnů v daném měsíci.

- (5) Podle vztahu uvedeného v odst. 4 se postupuje při výpočtu průměrné expozice hluku za sledované období delší než jeden měsíc (například rok  $L_{Aeq,r}$ ), přičemž  $n$  je počet pracovních směn během sledovaného období (jednoho roku), při kterých je zaměstnanec exponován hluku, a  $s$  je celkový počet pracovních dnů ve sledovaném období (jednoho roku).

### Nejistoty měření hluku

- (1) Nejistota měření hluku, infrazvuku a ultrazvuku se stanovuje v souladu se zásadami uvedenými v TNI 01 4109-3 Nejistoty měření – Část 3: Pokyn pro vyjádření nejistoty měření (Pokyn ISO/IEC 98-3), a v dokumentu EA-4/02 Vyjadřování nejistoty měření při kalibraci. Při výpočtu rozšířené nejistoty měření je možné postupovat také podle ČSN EN ISO 9612 s tím rozdílem, že se pro účel tohoto metodického návodu uvažuje oboustranný konfidenční interval 95 %, kterému odpovídá koeficient rozšíření  $k = 1,96$ , jímž se vynásobí kombinovaná standardní nejistota měření.
- (2) Kombinovaná standardní nejistota měření zohledňuje nejistotu danou použitým postupem měření ( $u_1$ ), nejistotu danou měřicími přístroji ( $u_2$ ) a nejistotu danou umístěním mikrofonu ( $u_3$ ). Příspěvky kombinované standardní nejistoty  $u$  přidružené k hladině denní expozice hluku  $A$  závisí na standardní nejistotě  $u_i$  každé vstupní veličiny a přidružených součinitelů citlivosti  $c_i$ . Příspěvky příslušných vstupních veličin jsou dány součiny standardních nejistot a jejich přidružených součinitelů citlivosti.

**Tabulka č. 1 – Nejistota  $u_2$  daná měřidly**

Zvukoměr <sup>1)</sup>	Třída 1	Třída 2	Třída 2
Pásmové filtry se šířkou pásma 1/3 oktávy <sup>2)</sup>	Třída 1	Třída 1 nebo 2	Třída 2
Akustický kalibrátor <sup>3)</sup>	Třída 1	Třída 1 nebo 2	Třída 2
<b>Nejistota <math>u_2</math><sup>4)</sup></b>	<b>0,7 dB</b>	<b>1,5 dB</b>	<b>1,5 dB</b>

Vysvětlivka č.1) Nejistota  $u_2$  se vztahuje ke zvukoměrům vyhovujícím požadavkům ČSN EN 61672-1. V případě použití zvukoměrů, které vyhovují požadavkům ČSN IEC 651 + A1 a ČSN EN 60804 + A2, bude nejistota  $u_2$  dosahovat vyšších hodnot.

Vysvětlivka č. 2) Úředně ověřený osobní zvukový expozimetr vyhovující ČSN IEC 1252 + A1 splňuje technické požadavky pro zvukoměr třídy 2.

Vysvětlivka č. 3) Nejistota přidružená k pásmovým filtrům se šířkou pásma 1/3 oktávy třídy 1 nebo 2 se vztahuje k určení hladiny akustického tlaku  $A$  nebo  $G$  z hladin akustického tlaku v příslušných třetioktávkových pásmech.

Vysvětlivka č. 4) Nejistota  $u_2$  je odhadnuta pro obvyklé hluky v průmyslových závodech, které mají širokopásmové kmitočtové spektrum omezené 8 kHz a jejichž směr dopadu je známý.

Kombinovaná standardní nejistota  $u$  se získá z jednotlivých příspěvků nejistoty  $c_i u_i$  podle vztahu:

$$u^2 = \sum_{i=1}^n c_i^2 u_i^2$$

Rozšířená nejistota  $U$  je dána vztahem  $U = ku$ , kde  $k = 1,96$  při použití oboustranného konfidenčního intervalu 95 %. To znamená, že 95 % hodnot leží v intervalu  $[L_{Aeq,8h} - U, L_{Aeq,8h} + U]$ . Na základě stanovení rozšířené nejistoty  $U$  se hodnocení expozice hluku řadí do příslušné třídy přesnosti měření.

Volba třídy přesnosti měření se provádí s ohledem na dostupná měřidla, podmínky na pracovišti nebo v místech pobytu osob, charakteristiky zdroje hluku, povahu hluku, okamžité hodnoty hluku, typický časový snímek expozice, délky doby expozice a celkové denní doby expozice, umístění a orientace mikrofonu aj. Pokud je z okamžitých hodnot hluku a typického časového snímku zřejmé, že na posuzovaném místě dochází buď k výraznému překračování

přípustného expozičního limitu nebo hygienického limitu, nebo jeho splnění s velkou rezervou, plně postačí měření ve 2. nebo 3. třídě přesnosti. Není-li tomu tak, je nezbytné měření v 1. třídě přesnosti. Měření a hodnocení hluku na pracovišti pro účely kategorizace práce musí být v 1. nebo v 2. třídě přesnosti.

**Tabulka č. 2 – Třídy přesnosti měření hluku na pracovišti**

Rozšířená nejistota $U$	$\leq 2$ dB	$\leq 4$ dB	$\leq 7$ dB
Třída přesnosti měření	1 <sup>1)</sup>	2	3

Vysvětlivka č. 1) Hodnota rozšířené nejistoty pro 1. třídu přesnosti je stanovena konvenčně.

Rozšířená nejistota měření  $L_{Cpeak}$ ,  $L_{Geq, 8h}$ ,  $L_{teq, 8h}$  nebo  $L_{Amax}$  může dosahovat vyšších hodnot.

Porovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku  $A$   $L_{Aeq, 8h}$ , resp. průměrných expozičních hladin akustického tlaku  $A$   $L_{Aeq, w}$ ,  $L_{Aeq, s}$ ,  $L_{Aeq, r}$  s přípustným expozičním limitem se provádí s uvážením rozšířené nejistoty  $U$ .

Přípustný expoziční limit je prokazatelně překročen, pokud  $L_{Aeq, 8h} - U > L_{lim}$ .

Přípustný expoziční limit je prokazatelně splněn, pokud  $L_{Aeq, 8h} + U < L_{lim}$ .

Pokud  $L_{Aeq, 8h} - U \leq L_{lim} \leq L_{Aeq, 8h} + U$ , nelze učinit žádný závěr a pokud je to možné, musí se měření zopakovat přesnější metodou. Konečný výsledek hodnocení vyplývá z měření v 1. třídě přesnosti.

- (3) Pokud je denní expozice hluku  $L_{Aeq, T}$  vyjádřena pro jinou dobu  $T$  než pro osmihodinovou směnu, používá se při hodnocení hygienický limit stanovený pro dobu  $T$  podle § 8 nařízení vlády č. 272/2011 Sb. Porovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku  $A$  s hygienickým limitem se provádí s uvážením nejistoty  $U$  způsobem, který je popsán v odstavci 1 a 2.

## VIBRACE NA PRACOVÍŠTÍCH A VIBRACE V CHRÁNĚNÝCH VNITŘNÍCH PROSTORECH STAVEB

### Měřidla

- (1) K měření vibrací přenášených na člověka (tj. zaměstnance na pracovišti resp. zaměstnance nebo osobu v chráněných vnitřních prostorech staveb) se používají vibrometry vyhovující požadavkům ČSN EN ISO 8041. Kmitočtové váhové filtry a to jak zabudované ve vibrometru, tak samostatné externí filtry, používané při měření vibrací přenášených na člověka musí rovněž vyhovovat požadavkům ČSN EN ISO 8041. Při kmitočtové analýze vibrací přenášených na člověka se používají pásmové filtry třídy 1 nebo třídy 2 se šířkou pásma 1/3 oktávy, které splňují požadavky ČSN EN 61260+A1. Používané snímače vibrací musí vyhovovat požadavkům ČSN EN ISO 8041, přílohy E.
- (2) Provozní kalibrace vibrometrů se provádí před měřením, v jeho průběhu a po jeho ukončení vibračními kalibrátory, které vyhovují požadavkům ČSN EN ISO 8041, přílohy A. Pravidelnou kalibraci přenosných nebo stacionárních vibračních kalibrátorů, snímačů vibrací a vibrometrů tj. kalibrátorů a pracovních měřidel nestanovených zajišťuje Český metrologický institut. Datum vydání kalibračního listu k vibračnímu kalibrátoru nesmí být starší než 2 roky.
- (3) Pomocná pracovní měřidla (vlhkoměr a teploměr) používaná při měření vibrací přenášených na člověka musí mít platný kalibrační list.
- (4) Při měření celkových vibrací na sedadle zaměstnance nebo v místě jeho nezatížených nohou se používá přednostně úchyt popsáný v ČSN EN 30326-1 „Vibrace. Laboratorní metoda hodnocení vibrací vozidlových sedadel – Část 1: Základní požadavky“. Nelze-li takový úchyt použít, doporučuje se pro snímání celkových vibrací u stojícího zaměstnance rovná kovová deska o rozměrech 400 x 300 x 10 mm, do jejíhož středu se umístí snímač. Při měření je deska zatížena hmotností zaměstnance. Při měření vibrací přenášených na ruce zaměstnance se používají úchyty uvedené v ČSN EN ISO 5349-2. Pokud metoda připevnění snímače není pro daný typ expozice uvedena v příslušné české technické normě, musí zásady připevnění snímače vyhovovat požadavkům ČSN ISO 5348 Vibrace a rázy – Mechanické připevnění akcelerometrů a použitý úchyt musí být v souladu s ČSN EN ISO 8041, přílohou F.
- (5) Při měření vibrací přenášených na člověka je přípustné měření průměrných hladin (hodnot) zrychlení vibrací v třetino-oktávních pásmech v rozsahu středních kmitočtů uvedených pro jednotlivé druhy vibrací v ČSN EN ISO 8041, viz také níže uvedená tabulka 3. Při stanovení průměrné vážené hladiny (hodnoty) zrychlení vibrací se postupuje podle ČSN EN ISO 8041, přílohy C, čl. C.1.1 a C.1.2.

### Měření a hodnocení vibrací podle českých technických norem

(1) Přehled technických norem, které se používají při měření a hodnocení vibrací přenášených na člověka, je uveden v tabulce 3.

**Tabulka 3 – Přehled hlavních českých technických norem<sup>1)</sup>**

Druh vibrací	Označení ČSN	Název	Kmitočtový rozsah	Kmitočtové vážení	Deskriptor
Celkové horizontální a vertikální vibrace na pracovišti	ČSN ISO 2631-1:1999+A1:2010	Vibrace a rázy – Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 1: Všeobecné požadavky	0,5 – 80 Hz	Horizontální směry x a y: $W_d$ Vertikální směr z: $W_k$	Průměrná vážená hladina nebo hodnota zrychlení horizontálních a vertikálních vibrací v jednotlivých směrech působení na člověka $L_{aw, 8h}$ $a_{ew, 8h}$
	ČSN EN 14253+A1:2008	Vibrace – Měření a výpočet expozice celkovým vibracím na pracovním místě s ohledem na zdraví – Praktický návod.			
Druh vibrací	Označení ČSN	Název	Kmitočtový rozsah	Kmitočtové vážení	Deskriptor
Vibrace ve vnitřních chráněných prostorech staveb a na pracovišti	ČSN ISO 2631-2:2004	Vibrace a rázy – Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 2: Vibrace v budovách (1 Hz až 80 Hz)	1 – 80 Hz	Horizontální směry x a y a vertikální směr z: $W_m$	Průměrná vážená hladina nebo hodnota zrychlení horizontálních a vertikálních vibrací v jednotlivých směrech působení na člověka $L_{aw, T}$ $a_{ew, T}$
Vibrace přenášené na ruce na pracovišti	ČSN EN ISO 5349-1:2002	Vibrace – Měření a hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce – Část 1: Všeobecné požadavky	6,3 – 1250 Hz	Směry $x_{hr}$ , $y_h$ a $z_h$ : $W_h$	Průměrná souhrnná vážená hladina nebo hodnota vibrací stanovená z jednotlivých směrů jejich působení na ruce
	ČSN EN ISO 5349-2:2002	Vibrace – Měření a hodnocení expozice vibracím přenášeným na ruce – Část 2: Praktický návod pro měření na pracovním místě			$L_{ahv, 8h}$ $a_{hv, 8h}$
Celkové vertikální vibrace o kmitočtu nižším než 0,5 Hz na pracovišti	ČSN ISO 2631-1:1999+A1:2010	Vibrace a rázy- Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 1: Všeobecné požadavky	0,1 – 0,4 Hz	Směr z: $W_f$	Průměrná vážená hladina nebo hodnota zrychlení vertikálních vibrací $L_{aw, T}$ $a_{ew, T}$

Vysvětlivka č. 1) Normy ČSN ISO 2631-1 a ČSN EN ISO 5349-1 jsou harmonizované, viz směrnice 2002/44/ES a také nařízení vlády č. 272/2011 Sb.

- (2) Celkové horizontální a vertikální vibrace na pracovišti se měří v souladu s ČSN ISO 2631-1 Vibrace a rázy – Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 1: Všeobecné požadavky a ČSN EN 14253 Vibrace – Měření a výpočet expozice celkovým vibracím na pracovním místě s ohledem na zdraví – Praktický návod. Při měření celkových vibrací v horizontálních směrech  $x$  a  $y$  se používá kmitočtové vážení  $W_d$  a ve vertikálním směru se používá kmitočtové vážení  $W_k$ . Při měření celkových vibrací se určují průměrné vážené hladiny (hodnoty) zrychlení vibrací ve třech směrech podle soustavy souřadnic lidského těla. V případě obou horizontálních směrů  $x$  a  $y$  se k naměřené průměrné vážené hladině zrychlení vibrací přičítají 3 dB, resp. naměřená průměrná vážená hladina zrychlení vibrací se vynásobí činitelem  $k = 1,4$ , viz ČSN ISO 2631-1, článek 7.2.3.
- (3) Hodnocení vibrací se provádí s ohledem na nejvyšší hodnotu zrychlení v kterémkoliv z uvedených směrů v místě přenosu vibrací na zaměstnance. 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).
- (4) Celkové vibrace ve vnitřních chráněných prostorech staveb se měří a hodnotí v souladu s ČSN ISO 2631-2 „Vibrace a rázy – Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 2: Vibrace v budovách (1 Hz až 80 Hz). Jak v obou horizontálních směrech  $x$  a  $y$ , tak ve vertikálním směru se používá kmitočtové vážení  $W_m$ . Průměrné vážené hladiny (hodnoty) zrychlení vibrací a otřesů v budovách se vždy vztahují k době působení zdroje vibrací  $T$ . Otřesy, ke kterým dochází ve vnitřním chráněném prostoru staveb alespoň 4krát za den, se hodnotí jako přerušované vibrace.
- (5) Vibrace přenášené na ruce zaměstnance se měří a hodnotí v souladu s ČSN EN ISO 5349-1 a ČSN EN ISO 5349-2. Z průměrných vážených hladin (hodnot) zrychlení vibrací určených v jednotlivých směrech podle soustavy souřadnic ruky se určí průměrná souhrnná vážená hladina zrychlení vibrací  $L_{ahv, 8h}$  nebo průměrná souhrnná vážená hodnota zrychlení vibrací  $a_{hv, 8h}$  (vektorový součet) podle následujících vztahů:
- $$L_{ahv, 8h} = 10 \log (10^{0,1L_{awx, 8h}} + 10^{0,1L_{awy, 8h}} + 10^{0,1L_{awz, 8h}}), [\text{dB}]$$
- kde  $L_{awx, 8h}$ ,  $L_{awy, 8h}$  a  $L_{awz, 8h}$  jsou průměrné vážené hladiny zrychlení stanovené v jednotlivých směrech měření v dB,
- $$a_{hv, 8h} = \sqrt{a_{ewx, 8h}^2 + a_{ewy, 8h}^2 + a_{ewz, 8h}^2}, [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$$
- kde  $a_{ewx, 8h}$ ,  $a_{ewy, 8h}$  a  $a_{ewz, 8h}$  jsou průměrné vážené hodnoty zrychlení stanovené v jednotlivých směrech měření v  $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- (6) 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 zaměstnance v jednotlivých směrech může být zařazeno do 1. třídy přesnosti jen tehdy, pokud vibrace mají jeden dominantní směr (vibrace v ostatních směrech nedosahují 30 % hodnoty v tomto směru) a složka nejistoty vyplývající z postupného měření je tak nízká, že rozšířená nejistota měření nepřekročí 2 dB.
- (7) Celkové vertikální vibrace o kmitočtu nižším než 0,5 Hz se měří v souladu s ČSN ISO 2631-1 „Vibrace a rázy – Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 1: Všeobecné požadavky“. Při měření se používá kmitočtové vážení  $W_f$ . Průměrné vážené hladiny (hodnoty) zrychlení vertikálních vibrací o kmitočtu nižším než 0,5 Hz se vždy vztahují k době působení zdroje vibrací  $T$  a dále se určuje, zda denní doba expozice nepřekračuje 120 min nebo je delší.

### Měření a hodnocení vibrací podle postupů neobsažených v českých technických normách

Vibrace přenášené zvláštním způsobem se posuzují v místě jejich přenosu na zaměstnance v kmitočtovém rozsahu 1 až 1000 Hz. Vibracemi přenášenými zvláštním způsobem se rozumí vibrace, které se nemohou označit ani jako celkové vibrace, ani jako vibrace přenášené na ruce; zařazují se sem zejména vibrace, které způsobují intenzivní kmitání horní části páteře i hlavy (např. působení vibrací přenosných motorových křovinořezů). Pokud není dominantní směr kmitání zdroje vibrací, měří se posuvné vibrace ve třech navzájem kolmých směrech. Pokud se vibrace snímají na povrchu lidského těla a místo měření je odlišné od místa vstupu vibrací do lidského organismu, 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 6,3 Hz až 1250 Hz měří segmentální vibrace přenášené na ruce zaměstnance z vibrujících nástrojů a opracovávaných předmětů. Segmentální vibrace přenášené na ruce a vibrace přenášené na nezátížené nohy sedícího zaměstnance se hodnotí jako vibrace přenášené na ruce.

### Stanovení průměrné expozice zaměstnanců vibracím za sledované období

- (1) Při stanovení průměrné expozice zaměstnanců vibracím za sledované období jednoho týdne, měsíce a za delší časové období pro účely hodnocení expozice se vychází z celkového počtu pracovních směn v daném období a počtu pracovních směn, při kterých je zaměstnanec vystaven vibracím.
- (2) Daný postup je možné použít také v případě pravidelných nebo nepravidelných pracovních směn, při proměnlivém počtu hodin za sledované období s odlišnou dobou trvání než 8 hodin, avšak jednotlivé denní expozice vibracím je třeba nejprve normovat na vztažnou dobu 8 hodin. Sledovaným obdobím se rozumí i pracovní doba zaměstnanců, pracujících na základě dohod o pracích konaných mimo pracovní poměr.
- (3) Průměrná týdenní expozice vibracím, vyjádřená průměrnou (souhrnnou) váženou hladinou zrychlení vibrací  $L_{aw, w}$  se vypočítá podle vztahu:

$$L_{aw, w} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{5} \left( \sum_{k=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_{aw, 8h, k})} \right) \right], [\text{dB}],$$

kde  $n$  je počet směn během pracovního týdne, ve kterých je zaměstnanec exponován vibracím.

- (4) Průměrná týdenní expozice vibracím, vyjádřená průměrnou (souhrnnou) váženou efektivní hodnotou zrychlení vibrací  $a_{ew, w}$  se vypočítá podle vztahu:

$$a_{ew, w} = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^n (a_{ew, 8h, i})^2}, [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}],$$

kde  $n$  je počet směn během pracovního týdne, ve kterých je zaměstnanec exponován vibracím.

- (5) Průměrná měsíční expozice vibracím, vyjádřená průměrnou (souhrnnou) váženou hladinou zrychlení vibrací  $L_{aw, s}$  se určí podle vztahu:

$$L_{aw, s} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{s} \left( \sum_{k=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_{aw, 8h, k})} \right) \right], [\text{dB}],$$

kde  $n$  je počet směn během pracovního měsíce, při kterých je zaměstnanec exponován vibracím a  $s$  je celkový počet pracovních dnů v daném měsíci.

- (6) Průměrná měsíční expozice vibracím, vyjádřená průměrnou (souhrnnou) váženou efektivní hodnotou zrychlení vibrací  $a_{ew, s}$  se určí podle vztahu:

$$a_{ew, s} = \sqrt{\frac{1}{s} \sum_{i=1}^n (a_{ew, 8h, i})^2}, [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}],$$

kde  $n$  je počet směn během pracovního měsíce, při kterých je zaměstnanec exponován vibracím a  $s$  je celkový počet pracovních dnů v daném měsíci.

- (7) Podle vztahu uvedeného v odst. 5 se postupuje při stanovení průměrné expozice zaměstnance vibracím za sledované období delší než jeden měsíc (například rok  $L_{aw, r}$ ,  $a_{ew, r}$ ), přičemž  $n$  je počet pracovních směn během sledovaného období (jednoho roku), při kterých je zaměstnanec exponován vibracím, a  $s$  je celkový počet pracovních dnů ve sledovaném období (jednoho roku).

### Nejistoty měření

- (1) Nejistota měření vibrací se stanovuje v souladu se zásadami uvedenými v TNI 01 4109-3 Nejistoty měření – Část 3: Pokyn pro vyjádření nejistoty měření (Pokyn ISO/IEC 98-3), a v dokumentu EA-4/02 Vyjadřování nejistoty měření při kalibraci. Při výpočtu rozšířené nejistoty měření se postupuje tak, že se pro účely tohoto metodického návodu uvažuje oboustranný konfidenční interval 95 %, kterému odpovídá koeficient rozšíření  $k = 1,96$ , jímž se vynásobí kombinovaná standardní nejistota měření.

- (2) Kombinovaná standardní nejistota měření zohledňuje nejistotu danou použitým postupem měření ( $u_1$ ), nejistotu danou měřicími přístroji ( $u_2$ ) a nejistotu danou umístěním snímače vibrací ( $u_3$ ). Příspěvky kombinované standardní nejistoty  $u$  přidružené k hladině expozice vibracím závisejí na standardní nejistotě  $u_i$  každé vstupní veličiny a přidružených součinitelů citlivosti  $c_i$ . Příspěvky příslušných vstupních veličin jsou dány součiny standardních nejistot a jejich přidružených součinitelů citlivosti.

**Tabulka č. 4 – Nejistota  $u_2$  daná měřidly**

Vibrometr v souladu s ČSN EN ISO 8041	✓ <sup>1)</sup>	✓	✓
Vibrační kalibrátor v souladu s ČSN EN ISO 8041	S automatickou korekcí amplitudy kmitání podle hmotnosti snímače	S automatickou nebo manuální korekcí amplitudy kmitání podle hmotnosti snímače	S manuální korekcí amplitudy kmitání podle hmotnosti snímače
Pásmové filtry se šířkou pásma 1/3 oktávy	Třída 1	Třída 1 nebo 2	Třída 2
Nejistota $u_i$ <sup>2)</sup>	1 dB	1,5 dB	2 dB

Vysvětlivka č. 1) Značka ✓ znamená, že vibrometr splňuje požadavky stanovené ČSN EN ISO 8041.

Vysvětlivka č. 2) Tyto nejistoty jsou odhadnuty pro vibrace přenášené na člověka, které jsou snímány stanovenými úchyty podle ČSN EN ISO 8041 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.

Kombinovaná standardní nejistota  $u$  se získá z jednotlivých příspěvků nejistoty  $c_i u_i$  podle vztahu:

$$u^2 = \sum_{i=1}^n c_i^2 u_i^2$$

Rozšířená nejistota  $U$  je dána vztahem  $U = ku$ , kde  $k = 1,96$  při použití oboustranného konfidenčního intervalu 95 %. To znamená, že 95 % hodnot leží v intervalu  $[L_{aw, 8h} - U, L_{aw, 8h} + U]$ . Na základě stanovení rozšířené nejistoty  $U$  se hodnocení expozice vibracím řadí do příslušné třídy přesnosti měření.

Volba třídy přesnosti měření se provádí s ohledem na dostupná měřidla, podmínky na pracovišti nebo v místech pobytu osob, charakteristiky zdroje vibrací, druh vibrací, okamžité hodnoty vibrací přenášených na člověka, typický časový snímek expozice, délčí doby expozice a celkové denní doby expozice, umístění a upevnění snímače zrychlení aj. Pokud je z okamžitých hodnot vibrací a typického časového snímku zřejmé, že na posuzovaném místě dochází buď k výraznému překračování přípustného expozičního limitu nebo hygienického limitu, nebo jeho splnění s velkou rezervou, plně postačí měření ve 2. nebo 3. třídě přesnosti. Není-li tomu tak, je nezbytné měření v 1. třídě přesnosti. Měření a hodnocení vibrací přenášených na zaměstnance pro účely kategorizace práce musí být v 1. nebo v 2. třídě přesnosti.

**Tabulka č. 5 – Třídy přesnosti měření vibrací přenášených na člověka**

Rozšířená nejistota $U$ vyjádřená v decibelech vyjádřená v procentech	$\leq 2$ +25,9; -20,6	$\leq 4$ +58,5; -36,9	$\leq 7$ +122,4; -55,3
Třída přesnosti měření	1	2	3

Rozšířené nejistoty vyjádřené v procentech se používají při vyjádření expozice průměrnou (souhrnnou) váženou hodnotou zrychlení.

Hodnoty rozšířené nejistoty  $U$  uvedené v tabulce 5 jsou stanoveny konvenčně.

Porovnání průměrných (souhrnných) vážených hladin zrychlení vibrací  $L_{aw, 8h}$ , ( $L_{ahv, 8h}$ ) resp. průměrných expozic vibracím za sledované období  $L_{aw, w}$ ,  $L_{aw, s}$ ,  $L_{aw, r}$  s přípustným expozičním limitem  $L_{lim}$  se provádí s uvážením rozšířené nejistoty  $U$  vyjádřené v decibelech.

Přípustný expoziční limit je prokazatelně překročen, pokud  $L_{aw, 8h} - U > L_{lim}$ .

Přípustný expoziční limit je prokazatelně splněn, pokud  $L_{aw, 8h} + U < L_{lim}$ .



Pokud je  $L_{aw, 8h} - U \leq L_{lim} \leq L_{aw, 8h} + U$ , nelze učinit žádný závěr a měření se musí zopakovat přesnější metodou. Konečný výsledek hodnocení vyplývá z měření v první třídě přesnosti.

Porovnání průměrných (souhrnných) vážených hodnot zrychlení vibrací  $a_{ew, 8h}$ ,  $(a_{hv, 8h})$  resp. průměrných expozičních vibrací za sledované období  $a_{ew, w}$ ,  $a_{ew, s}$ ,  $a_{ew, t}$  s přípustným expozičním limitem  $a_{lim}$  se provádí s uvážením rozšířené nejistoty  $U$  vyjádřené v procentech.

Přípustný expoziční limit je prokazatelně překročen, pokud  $a_{ew, 8h} \times \left(\frac{100 + U_d}{100}\right) > a_{lim}$ .

Přípustný expoziční limit je prokazatelně splněn, pokud  $a_{ew, 8h} \times \left(\frac{100 + U_h}{100}\right) < a_{lim}$ .

Pokud je  $a_{ew, 8h} \times \left(\frac{100 + U_d}{100}\right) \leq a_{lim} \leq a_{ew, 8h} \times \left(\frac{100 + U_h}{100}\right)$ , nelze učinit žádný závěr a pokud je to možné, musí se měření zopakovat přesnější metodou. Konečný výsledek hodnocení vyplývá z měření v 1. třídě přesnosti.

Při měření celkových vertikálních vibrací o kmitočtu nižším než 0,5 Hz a vibrací ve vnitřních chráněných prostorech staveb se používá shodný způsob stanovení nejistoty měření  $U$  a jejího uplatnění při porovnání s hygienickým limitem avšak s tím rozdílem, že příslušný hygienický limit vibrací se vždy vztahuje k době expozice resp. působení zdroje vibrací.

- (3) Pokud je denní expozice vibracím na pracovišti vyjádřena průměrnou (souhrnnou) váženou hladinou nebo hodnotou zrychlení vibrací  $L_{aw, T}$ ,  $(L_{ahv, T})$  resp.  $a_{ew, T}$ ,  $(a_{hv, T})$  pro jinou dobu  $T$  než pro osmihodinovou směnu, používá se při hodnocení hygienický limit stanovený pro dobu  $T$  podle § 14, NV č. 272/2011 Sb. Porovnání průměrných (souhrnných) vážených hladin nebo hodnot zrychlení vibrací s hygienickým limitem se provádí s uvážením nejistoty  $U$  stanovené a uplatněné způsobem, který je popsán výše v odstavci 1 a 2.