



Vibrace přenášené na člověka

Za vibrace se označuje pohyb pružného tělesa nebo prostředí, jehož jednotlivé body kmitají kolem rovnovážné polohy. Stejně tak jako v případě hluku je pro mechanické vlnění charakteristický přenos energie. V nejobecnějším přiblížení můžeme na člověka pohlížet jako na mechanickou soustavu složenou z dílčích hmot, tuhostí a mechanických odporů. Při působení vibrací je však pro člověka charakteristická interakce se zdrojem vibrací. Kupříkladu úroveň vibrací přenášených na člověka je výrazně ovlivněna reakcí organismu, polohou těla a končetin vzhledem ke směru vibrací, místem a velikostí plochy, přes kterou se vibrace přenášejí do lidského organismu a silami, které během expozice vibracím člověk vyvíjí.

Zvláštní pozornost si zasluhují mechanické rázy, vyvolávající otřesy lidského organismu. Na rozdíl od proměnných vibrací se během mechanického rázu vyvíjejí v lidském těle velké dynamické síly, které mohou v důsledku nelineárního chování organismu vyvolat jeho akutní poškození.

Expozice člověka intenzivním vibracím vyvolá vždy nepříznivou odezvu lidského organismu. Při dlouhodobé expozici může dojít k jeho trvalému poškození. Největší zdravotní riziko představují v současnosti vibrace přenášené na horní končetiny při práci s různými vibrujícími nástroji a celkové vibrace. Expozice vibracím je výrazně ovlivněna faktory fyzikálními (pracovní kmitočet stroje, časový průběh a směr působení vibrací, denní a celková doba expozice aj.), biodynamickými (tělesná konstituce, hmotnost, poloha těla a končetin, obsah styčné plochy, velikost vyvozovaných sil aj.) a individuálními (predispozice k rychlému vzniku onemocnění z vibrací, kouření, léky, údržba nářadí aj.)

Podle způsobu přenosu dělíme vibrace na:

1. celkové horizontální nebo vertikální vibrace, posuzované v kmitočtovém rozsahu 0,5 Hz až 80 Hz,
2. vibrace přenášené na ruce, posuzované v kmitočtovém rozsahu od 8 Hz do 1000 Hz,
3. vibrace přenášené zvláštním způsobem, na hlavu, páteř, rameno atp. posuzované v kmitočtovém rozsahu od 1 Hz do 1000 Hz,
4. celkové vertikální vibrace o kmitočtu nižším než 0,5 Hz, které vyvolávají nemoci z pohybu,
5. celkové vibrace v budovách, posuzované v kmitočtovém rozsahu od 1 Hz do 80 Hz.

Vibrace a rázy vnímá člověk pomocí soustavy, která ovlivňuje celkovou psychosomatickou citlivost. Ta je ovlivněna celou řadou faktorů. Jedná se o komplexní fyziologický a psychologický vjem zprostředkovaný velkým počtem různých receptorů.

Vibrace vznikají v důsledku vybuzení dynamických sil při provozu jakéhokoliv stacionárního nebo mobilního strojního zařízení používaného v řadě průmyslových oborů (např. strojírenství, hutnictví, hornictví, stavebnictví), zemědělství, dopravě atd. Vhodným příkladem zdrojů vibrací mohou být ruční mechanizovaná nářadí s pneumatickým, hydraulickým nebo elektrickým pohonem, nebo stroje či dopravní prostředky. Z praktických měření je zřejmé, že provoz převážně většiny ručního nářadí je spojen s nadměrnou expozicí vibracím přenášeným na ruce a rizikem onemocnění cév, a ervů a pohybového aparátu horních končetin. Dlouhodobá expozice celkovým vibracím je nejčastěji spojena s řízením dopravních prostředků a mobilních strojů. Podle epidemiologických údajů je v důsledků kombinace vynucené pracovní polohy a působení celkových vibrací nejvíce ohrožen bederní úsek páteře. S expozicí vibracím přenášeným



zvláštním způsobem se setkáváme nejčastěji při práci s motorovými postřikovači, křovinořezy atp. V posledním období se množí stížnosti na nadměrné vibrace v budovách z pozemní dopravy (železnice, silnice) a průmyslové činnosti v lomech. Tyto vibrace spadají také do komunální oblasti.

Při měření vibrací přenášených na člověka se postupuje podle normových metod. Základní veličinou používanou k popisu mechanického pohybu je zrychlení vibrací vyjádřené efektivní hodnotou a_{ef} [m/s^2] nebo hladinou zrychlení L_a [dB] vztaženou k referenčnímu zrychlení $1 s^{-2}$. Vibrace lze popsat také rychlostí a výchylkou mechanického pohybu, nicméně z důvodu snímání vibrací akcelerometry se používá k jeho popisu zrychlení. Při všech druzích přenosu se zjišťují výlučně translační nebo-li posuvné vibrace.

Základním deskriptorem pro hodnocení vibrací přenášených na člověka je průměrná (energeticky ekvivalentní) hladina zrychlení vibrací, která se podle způsobu a směru působení vibrací kmitočtově váží příslušným váhovým filtrem, zabudovaným ve vibrometru. Pokud je třeba znát kmitočtové složení vibrací, provádí se kmitočtová analýza v třetinooktávových pásmech ve výše uvedených rozsazích středních kmitočtů. Vibrace se měří na styčné ploše v místě jejich přenosu do lidského organismu. K danému účelu se používají speciální úchyty (např. sedadlový úchyt), které umožňují snímání vibrací ve třech směrech, aniž by se podstatným způsobem narušily podmínky přenosu. U celkových vibrací, vibrací přenášených zvláštním způsobem a vibrací v budovách je základem hodnocení dominantní směr vibrací. V případě vibrací přenášených na ruce je nutné stanovit ze tří složek vibrací vektorový součet, tzv. souhrnnou hladinu zrychlení vibrací. Základní limitní hodnota L_{aw8h} činí u celkových vibrací 110 dB a vibrací přenášených zvláštním způsobem 100 dB. Nejvyšší přípustná souhrnná hladina zrychlení vibrací přenášených na ruce L_{hv8h} činí pro osmihodinovou pracovní dobu 123 dB.

Průměrné hodnoty vibrací se normují na jmenovitou dobu pracovního dne 8 h. Pokud expozice hluku T netrvá po celou pracovní dobu $T_0 = 8$ h, je třeba ji normovat korekcí K podle vztahu

$$K = 10 \cdot \log T/T_0 \text{ dB}$$

Standardní metody měření vibrací přenášených na člověka se řadí do tří tříd přesnosti, přičemž výsledky měření se uvádějí včetně přidružených nejistot. Přesnost měření vibrací vyplývá z třídy přístrojů a přesnosti použitých metod. Nejpresnější jsou referenční měření vibrací v 1. třídě přesnosti, kdy je celková nejistota do 2 dB včetně. V 2. třídě přesnosti se nejistota nachází v pásmu od 2 dB do 3 dB včetně. Nejméně přesná provozní měření vibrací ve 3. třídě přesnosti pak vykazují nejistotu v pásmu od 3 dB do 5 dB včetně. Pro hygienické posouzení expozice jsou nejvhodnější referenční a technická měření vibrací.

Ochrana před nepříznivým působením hluku a vibrací je obecně upravena zákonem č. 258/2000 Sb. a zákoníkem práce, oba v platném znění. Nejvyšší přípustné hodnoty hluku a vibrací jsou stanoveny v navazujícím nařízení vlády č. 148/2006 Sb. Vlastní metody měření a hodnocení vibrací jsou ve smyslu par. 21 nařízení vlády č. 148/2006 Sb. obsaženy v českých technických normách ČSN EN ISO 5349-1, -2, ČSN ISO 2631-1, -2. Požadavky na vibrometry, které podle zákona č. 505/1990 Sb. v platném znění spadají do skupiny tzv. pracovních měřidel nestanovených, jsou upraveny českou technickou normou ČSN ISO 8041.



Preventivní opatření

1. Základem prevence je vyloučení nebo podstatné omezení emise vibrací přímo na zdroji. Nákup strojního zařízení či ručního nářadí s nižší deklarovanou hodnotou vibrací je hlavním předpokladem nízké expozice obsluhy. Originální opatření na snížení vibrací (antivibrační rukojeti nářadí, speciální odpružená sedadla obsluhy) a další cílená opatření na zdrojích vibrací (pružné uložení stroje) jsou zpravidla neúčinnější a nejefektivnější.
2. Důležitou součástí prevence je také omezení cest šíření vibrací. Tato opatření vycházejí z podrobné studie vibrací daného prostředí. V souhrnu zahrnují přerušení cesty šíření vibrací na pracovní místa a místa pobytu osob v budovách. Tato opatření se často provádějí v součinnosti se snižováním hluku šířeného stavební konstrukcí budovy.
3. Součástí prevence proti vibracím jsou rovněž organizační a technologická opatření na snížení expozice vibracím. Tato opatření jsou nejčastěji založena na střídání pracovníků obsluhy strojů, stanovení povinných přestávek, stanovení přípustného počtu pracovních směn nebo změně technologie výroby aj.
4. Často přeceňovaným prvkem, cílené prevence je použití osobních ochranných pracovních prostředků proti vibracím přenášeným na ruce. Při uvážení výrazného překročení hygienických limitů při práci s většinou ručního nářadí zajišťují certifikované antivibrační rukavice zanedbatelný vložný útlum v rozsahu do 2 dB. Dostupné antivibrační rukavice nemohou vyloučit nadměrnou expozici vibracím. Pro správné uchopení rukojeti je při použití takových rukavic zpravidla nezbytná vyšší síla přitlaku. Ta vede k rychlejší únavě pracovníka při práci a ve svých důsledcích potlačuje pozitivní vliv útlumu vibrací. Pokud jsou pracovní rukavice vhodně navrženy a zhotovené, mohou naproti tomu zajišťovat potřebnou ochranu před vlhkem a chladem ve venkovním prostředí a ochlazováním rukou proudem vzduchu.

Na pracovních místech obsluhy mobilních strojů moderní konstrukce se v současnosti v širokém měřítku používají speciální odpružená kabiny a antivibrační sedadla, která lze nastavit podle hmotnosti obsluhy, typu vozovky atp. U takových mobilních strojů a dopravních prostředků lze podstatně zvýšit komfort obsluhy a omezit nepříznivé působení celkových vibrací zejména na páteř obsluhy.