

Ing. Antonín Z b o r e k, VÚHU

Hodnocení hluku technologických zařízení pro lomy  
z hlediska jejich vlivu na okolí

Úvod

S rozvojem těžby hnědého uhlí dochází k přibližování lomových provozů k místům s občanskou zástavbou. Škodliviny šířené do okolí lomů pak zhoršují životní prostředí obyvatel pánve. Typickou i vzdálené okolí obtěžující škodlivinou je hluk, vznikající při těžbě, přepravě a zakládání skrývky.

Na ochranu životního prostředí stanoví naše hygienické předpisy maximální přípustné hodnoty hluku ve venkovním prostoru obcí. Proto projekty veškerých hlučných provozů podléhají povinnosti schválení orgány hygienické služby, které mají dle platných předpisů gesci při řešení otázek ochrany zdraví pracujících před nepříznivými účinky hluku. V zájmu objektivního posouzení situace musí být každý projekt hlučného provozu opatřen hlukovou studií, z níž je patrný vliv hluku projektovaného provozu na nejbližší obydlené okolí. Neprokáže-li hluková studie shodu hlukových poměrů s požadavky hygienických předpisů, nebude povolen trvalý provoz schvalované projektované stavby. Nadměrný hluk se tak může stát i limitujícím činitelem rozvoje lomových provozů. Z toho důvodu je nutno otázkám vlivu hluku technologických zařízení na okolí věnovat náležitou pozornost.

Hodnocení vlivu hluku zařízení na okolí

Vliv hluku provozu hlučných zařízení na okolí závisí na akustickém výkonu zdrojů hluku, na vzdálenosti, na povětrnostních vlivech a na geometrickém uspořádání přírodních, či umělých

překážek mezi zdroji hluku a uvažovaným okolím. Akustický výkon zdrojů hluku záleží na jejich technickém stavu, na provozních poměrech a na náhodných vlivech.

Zdánlivě ideálním a nejjednodušším způsobem hodnocení vlivu hluku provozu hlučných zařízení na okolí je měření hluku prostředí v uvažovaném okolí během provozu těchto zařízení. Takové měření může objektivně zhodnotit, zda během určitých konkrétních provozních poměrů a za daných povětrnostních podmínek dochází nebo nedochází k překračování povolených hodnot hlučnosti. Pro zodpovědné stanovení požadavků na případná preventivní protihluková opatření, aplikovatelná u jednotlivých technologických zařízení, však musíme znát příspěvky hlučnosti jednotlivých zařízení. Ty by byly zjistitelné jen postupným měřením vlivu hluku jednotlivých samostatně provozovatelných zdrojů. Při hodnocení vlivu hluku technologických zařízení na lomech nelze jednotlivé zdroje samostatně provozovat, a proto není tato metoda aplikovatelná. Uvažovaná metoda měření hluku v životním prostředí může být za těchto okolností užitečná jen, jako metoda následné kontroly existujících hlukových poměrů, ovlivněných i uvedením do provozu příslušných hodnocených technologických zařízení. Pro účely hlukových studií, předkládaných ke schvalovacímu řízení projektů staveb, je nutno v dostatečném předstihu vypracovat odborný odhad hlukových poměrů, předpokládaných po uvedení projednávané stavby do provozu. Lze jej vypracovat jen na základě znalosti hlukových parametrů k nasazení uvažovaných jednotlivých zdrojů hluku. Ty se zjišťují měřením hluku v okolí někde již provozovaných podobných zdrojů hluku.

Vliv technického stavu zařízení na jeho hlukové poměry se při zjišťování hlukových parametrů zdrojů hluku omezuje měřením hluku běžně opotřeбенých zařízení. Pro zamezení významnějšího zhoršení hlukových poměrů opotřeбенím zařízení se provozovateli ukládá povinnost pečlivé údržby a včasných oprav zařízení.



Vliv provozních poměrů se vylučuje měřením hluku za typických provozních podmínek. Vliv časového kolísání hlukových poměrů, způsobeného náhodnými vlivy, se vylučuje měřením ekvivalentních hladin, zjišťovaných po dostatečně dlouhou dobu.

Při odhadu vlivu hluku na vzdálenější okolí se počítá s bezvětřím, za kterého dochází k nejmenším ztrátám šířené akustické energie. Jinak se uvažuje s typickými, nejčastěji se vyskytujícími ostatními meteorologickými vlivy. Při občasných atypických povětrnostních vlivech budou hlukové poměry přechodně odlišné od uváděných odhadnutých poměrů. Vliv překážek na útlum šířeného hluku se stanovuje výpočtem, opírajícím se o teoretické, v praxi opakovaně prověřené zákonitosti. Účinek umělých překážek, záměrně instalovaných za účelem omezování šířeného hluku, se experimentálně ověřuje. Za takových podmínek závisí přesnost odhadu typických hlukových poměrů v životním prostředí především na přesnosti zjištění typických hlukových parametrů zdrojů hluku měřením hluku v jejich okolí.

#### Metoda hodnocení akustických parametrů zdrojů hluku

Důležitým parametrem, jednoznačně určujícím velikost hlukové emise, je akustický výkon, vyzářený ze zdroje hluku do okolí. Ze známého akustického výkonu a ze známého způsobu šíření zvuku lze snadno zjistit i člověkem vnímanou intenzitu  $I$  šířeného zvuku jako plošnou hustotu prostorem šířeného akustického výkonu  $P$ :

$$I = \frac{P}{S} \quad (\text{W/m}^2) \quad (1)$$

V souladu s logaritmickou závislostí vjemu člověka na podnětu je výhodné akustické veličiny vyjadřovat pomocí jejich hladin, tj. pomocí čísel úměrných logaritmu daných fyzikálních veličin. Tak místo akustického výkonu  $P$  ve  $W$  se uvádí hladina akustického výkonu  $L_P$  v dB a místo intenzity  $I$  ve  $W/m^2$  hladina intenzity  $L_I$  rovněž v dB.

Platí

$$L_P = 10 \log \frac{P}{P_0} \quad (\text{dB}), \quad (2)$$

kde  $P_0$  je referenční hodnota akustického výkonu  $10^{-12} \text{ W}$ ,

$$\text{a} \quad L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (\text{dB}), \quad (3)$$

kde je referenční intenzita rovna  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ .

Obdobně je definována hladina hluku nebo i hladina akustického tlaku

$$L = 10 \log \frac{p}{p_0} \quad (\text{dB}), \quad (4)$$

kde  $p, p_0$  je akustický tlak. Pro referenční hodnotu  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$

$$L_I = L \quad (\text{dB}). \quad (5)$$

Hladiny hluku i hladiny akustického tlaku jsou měřitelné běžnými zvukoměry. Rovnice (5) nám umožňuje měřením hladin hluku zjišťovat hladiny intenzity a s přihlédnutím k (1,2,3) i počítat hladiny akustického výkonu zdrojů hluku.

Podle (1) máme

$$P = I \cdot S \quad (\text{W}) \quad (6)$$

a po zlogaritmování

$$10 \cdot \log \frac{P}{P_0} = 10 \log \frac{I \cdot S}{P_0} \quad (\text{dB}) \quad (7)$$

$$\text{zavedením } P_0 = I_0 \cdot S_0 \quad (\text{W}), \quad (8)$$

kde  $S_0 = 1 \text{ m}^2$  a dosazením za (2 a 3) dostaneme

$$L_P = L_I + 10 \cdot \log \frac{S}{S_0} \quad (\text{dB}). \quad (9)$$

Protože  $S_0 = 1 \text{ m}^2$  a s přihlédnutím k (5) bude číselně

$$L_P = L + 10 \cdot \log S \quad (\text{dB}). \quad (10)$$

Rovnice (10) dává návod, jak lze měřením hladin hluku na ploše  $S$  zjišťovat hladinu akustického výkonu vyzařovaného touto plochou.

V nevelké vzdálenosti od měřeného zdroje hluku se definuje pravidelná měřicí plocha o známé velikosti  $S$ , obklopující měřený zdroj hluku. Na této ploše se rovnoměrně rozmístí jednotlivé měřicí body, v nich se pak zjišťují hladiny hluku  $L_1, L_2, \dots, L_n$ . Z takto zjištěných hladin se vypočte střední naměřená hodnota  $L_m$  a ta se dosazuje za  $L$  do vztahu (10).

Při vyhodnocování výsledků měření se naměřené hodnoty  $L_1$  až  $L_n$  korigují s ohledem na vliv rušivého pozadí a případně se od střední hodnoty  $L_m$  odečítá vliv odrazů zvuku od stěn a stropu měřicí místnosti.

Střední hodnota  $L_m$  je hladina aritmetického středu jednotlivých intenzit, odpovídajících hladinám  $L_1$  až  $L_n$ . Při velkém rozptylu naměřených hodnot  $L_1$  až  $L_n$  se v zájmu zvýšení přesnosti výsledku zvětšuje počet měřicích míst  $n$ . Rozptyl naměřených hodnot je způsoben především nepravidelným prostorovým rozložením dílčích zdrojů hluku měřeného zařízení. Proto čím blíže jsou měřicí body k povrchu měřeného zařízení, tím větší je rozptyl naměřených hodnot. Naopak zvětšením měřicí plochy vzdálením měřicích bodů od povrchu zařízení lze zmenšit rozptyl naměřených hodnot a tím snížit nároky na počet potřebných měřicích míst. Zvětšování měřicí plochy bývá limitováno zpravidla omezeným měřicím prostorem, znesnadněním přístupu k jednotlivým od zařízení vzdáleným měřicím bodům, silným rušivým vlivem vzdálenějších naměřených zdrojů hluku apod. V praxi se měří ve vzdálenosti přibližně 1 m od povrchu kvádru, který vytýčuje rozměry stroje a spočívá na rovině odrážející zvuk (na podlaze).

Ze stejných zásad vychází i (čs. státní norma) ČSN 01 1603 "Metody měření hluku" a na ní navazující normy jako např. ČSN 01 1604 "Stanovení akustického výkonu hluku strojů ve volném



zvukovém poli nad zvuk odrážející rovinou. "Technická metoda" a ČSN 01 1606 "Stanovení hladiny akustického výkonu hluku strojů. Provozní metoda." Normy stanoví způsob rozmístění měřicích bodů, definují měřicí plochu a určují způsob vyhodnocení naměřených výsledků.

Podle těchto norem lze bez potíží zjišťovat hladinu akustického výkonu u nepříliš rozměrných, samostatně provozovatelných a prostorově omezených zdrojů hluku, které se z určité větší vzdálenosti jeví jako zdroje bodové. Hlučná zařízení lomových technologických celků však těmto podmínkám nevyhovují. Proto při hodnocení hlukové emise technologických zařízení pro lomy je nutno se vypořádat s některými problémy, které platné normy neřeší. Použité postupy však musí být v bezpodmínečném souladu s objektivními fyzikálními zákony, tvořícími základ platných norem, a zjišťované výsledky musí být s dostatečnou přesností použitelné ke stejnému účelu jako výsledky hodnocení podle norem.

#### Zvláštnosti podmínek měření hluku technologických zařízení pro lomy

Hlukovou emisi rozměrných technologických zařízení pro lomy zjišťujeme při jejich normálním provozním nasazení v exteriéru. Z toho vyplývají některé specifické zvláštnosti, ovlivňující metodiku měření a hodnocení jejich vlivu na okolí.

Významná je skutečnost, že proměřovaná zařízení pracují během měření ve venkovním prostředí. Díky tomu se měří ve volném zvukovém poli. Zpravidla neexistuje rušivý vliv odrazů a měřicí prostor není omezen. Možnost měření hluku ve větší vzdálenosti od zdrojů snižuje nároky na potřebný počet měřicích míst. To je velmi vítané, protože rušivý vliv hluku právě naměřených zařízení omezuje výběr měřicích bodů.

Závažnější vliv na rozmístění měřicích bodů mají rozměry a prostorová uspořádání měřených zařízení. Značné rozměry technologických zařízení znemožňují přístup k měřicím bodům roz-

místěným analogicky rozmístění, doporučenému při měření menších zařízení podle platných norem. A v případech, kde jsou dílčí zdroje hluku rozloženy podél jednoho významně převládajícího rozměru zařízení, jako je tomu u pásových dopravníků, nelze analogii s normami doporučeným rozmístěním měřicích bodů ani vůbec nalézt. Musí se řešit jako liniové zdroje hluku. Zatím neexistují platné normy pro hodnocení akustického výkonu rozměrných ani liniových zdrojů hluku.

Při hodnocení hlukové emise rozměrných technologických zařízení pro lomy, pokud je lze z větší vzdálenosti pojmout jako bodové zdroje hluku, jako jsou např. rýpadla, zakladače, poháňecí stanice DPD apod., se vychází z následujících zákonitostí:

Ve vzdálenosti  $R$  (m) od bodového zdroje hluku umístěného na hluk odrážející rovině je, jak vyplývá z teorie šíření zvuku, hladina hluku rovna

$$L = L_p + G - 7,8 - 20 \log R \quad (\text{dB}), \quad (11)$$

kde  $G$  je směrový index.

Podle toho bude ve vzdálenosti  $R_1$  hladina

$$L_1 = L_p + G - 7,8 - 20 \log R_1 \quad (\text{dB}), \quad (12)$$

a ve vzdálenosti  $R_2$  hladina

$$L_2 = L_p + G - 7,8 - 20 \log R_2 \quad (\text{dB}). \quad (13)$$

Pro stejný směr od stejného zdroje hluku můžeme za  $L_p + G$  z rovnice (12) dosadit do (13) a dostaneme

$$L_2 = L_1 + 20 \log R_1 - 20 \log R_2 \quad (\text{dB}). \quad (14)$$

Při jiném značení bude mít rovnice (14) tvar

$$L_x = L + 20 \log R - 20 \log X \quad (\text{dB}). \quad (15)$$

Tato rovnice dává návod, jak lze z hladiny  $L$ , zjištěné ve vzdálenosti  $R$  (m), vypočítat hledanou  $L_x$  ve stejném směru ve vzdálenosti  $x$  (m). Je platná pro vzdálenosti, z nichž lze hodnocený reálný zdroj hluku pojímat jako bodový. Za dostatečně velké vzdálenosti  $X$  nebo  $R$  se považují vzdálenosti, převyšující dvojnásobek největšího rozměru proměřovaného zařízení.

Dosadíme-li do rovnice (15) formálně  $x = 1$ , dostaneme

$$L_1 = L + 20 \log R \quad (\text{dB}). \quad (16)$$

Podle (16) vypočtená hladina  $L_1$  je hladina, jaká by byla ve vzdálenosti 1 m od ideálního bodového zdroje, u něhož byla ve vzdálenosti  $R$  zjištěna hladina  $L$ . Nazývá se hladinou hluku v referenční vzdálenosti 1 m. I když neodpovídá skutečné hladině ve vzdálenosti 1 m od středu obecného zdroje hluku, výstižně charakterizuje hlukovou emisi bodových zdrojů hluku.

Dosadíme-li za  $R = 1$  a  $L = L_1$  do vztahu (15), dostaneme

$$L_x = L_1 - 20 \log X \quad (\text{dB}). \quad (17)$$

Tato rovnice výhodně zjednodušuje vztah pro výpočet hladiny hluku  $L_x$  ve vzdálenosti  $X$  od středu zdroje hluku pomocí užité hodnoty hladiny hluku v referenční vzdálenosti 1 m.

O obecné platnosti rovnice (17) se můžeme snadno přesvědčit. Dosazením do (17) za  $L_1$  z (16) dostaneme opět rovnici (15). A rovnice (15) platí pro všechny případy, kdy je  $R$  a  $X$  dostatečně veliké bez ohledu na skutečné hlukové poměry ve vzdálenosti 1 m od středu reálného "bodového" zdroje hluku.

Za liniové zdroje hluku považujeme zařízení, u nichž jsou dílčí zdroje hluku rovnoměrně rozloženy podél výrazně dominantního obecně libovolně dlouhého jediného rozměru. Jejich emisi charakterizuje měrný akustický výkon  $w$  (W/m).

Z teorie šíření hluku od liniových zdrojů vyplývá, že hladina hluku  $L$  ve vzdálenosti  $R$  (m) od ideálního dostatečně dlouhého liniového zdroje je rovna



$$L = L_w - 10 \log R - 4,8 \quad (\text{dB}), \quad (18)$$

kde  $L_w$  je hladina měrného akustického výkonu definovaná jako  $L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$ , přičemž  $w_0$  je referenční hodnota  $10^{-12}$  W/m.

Tyto vztahy a pojmy nejsou definovány v žádné platné normě, ale byly zavedeny a odvozeny pro účely řešení problematiky hluku dálkové pásové dopravy.

Stejným postupem, jaký byl použit pro bodové zdroje, dospějeme k analogickým vztahům

$$L_x = L_1 - 10 \log X \quad (\text{dB}), \quad (19)$$

kde  $L_x$  je hladina hluku ve vzdálenosti  $X$  (m) od osy dostatečně dlouhého reálného liniového zdroje hluku a  $L_1$  je hladina hluku v referenční vzdálenosti 1 m od osy liniového zdroje hluku, přičemž platí

$$L_1 = L + 10 \log R \quad (\text{dB}), \quad (20)$$

kde  $L$  je hladina zjištěná měřením ve vzdálenosti  $R$  (m) od dostatečně dlouhého liniového zdroje hluku.

Spojením (19) a (20) dostaneme vztah

$$L_x = L + 10 \log R - 10 \log X \quad (\text{dB}), \quad (21)$$

který je analogický vztahu (15) platnému pro bodové zdroje. Platí pro dostatečně dlouhé liniové zdroje za předpokladu, že výpočetní vzdálenost  $X$  a měřicí vzdálenost  $R$  jsou větší než dvojnásobek největšího příčného rozměru reálného liniového zdroje hluku. Za dostatečně dlouhé liniové zdroje hluku se považují zdroje, viděné z místa měření nebo z uvažovaného výpočtového místa přibližně pod přímým zorným úhlem. Při měření hluku bývá tato podmínka spolehlivě splněna, avšak při výpočtu vlivu hluku liniových zdrojů konečných rozměrů na vzdálenější místa se musí zorný úhel reálného liniového zdroje hluku zohlednit.

Pro vzdálená místa pak platí

$$L_x = L + 10 \log R - 10 \log X + 10 \log \frac{\text{zorný úhel } (^{\circ})}{180^{\circ}} \quad (\text{dB}), (22)$$

respektive místo (19)

$$L_x = L_1 - 10 \log X + 10 \log \frac{\text{zorný úhel } (^{\circ})}{180^{\circ}} \quad (\text{dB}). (23)$$

Pro účely hodnocení emise technologických zařízení se tedy měří ve vzdálenosti  $R$  (m) hladiny hluku  $L$  (dB) a z nich se podle vztahů (16) respektive (20) počítají hodnoty hladin v referenční vzdálenosti 1 m. Průměrné hodnoty hladin hluku v referenční vzdálenosti 1 m, vypočtené ze všech měření stejného zdroje, se berou za základ pro výpočet příspěvku hluku hodnocených zařízení na životní prostředí pomocí vztahů (17) respektive (23).

Při každém hodnocení výsledků měření hluku se musí provádět korekce s ohledem na vliv hluku pozadí. Velikost a přesnost korekce naměřených výsledků je závislá na rozdílu mezi měřenými hladinami a hladinami hluku pozadí. Činí-li tento rozdíl alespoň 10 dB, je korekce nulová, tzn. že lze vliv hluku pozadí prakticky zanedbat. S klesajícím rozdílem mezi měřenými hladinami a hladinami pozadí roste velikost korekce a zároveň se rychle snižuje přesnost hodnocení naměřených výsledků. Je-li rozdíl naměřené hladiny hluku a hladiny hluku pozadí menší než 4 dB, nelze již výsledky měření vůbec použít. Při měření hluku je nutno brát zřetel na tyto skutečnosti. Měřicí body musí být voleny tak, aby byl rušivý vliv hlučného okolí udržen v přijatelných mezích. To může být v podmínkách lomových provozů příčinou značných potíží při výběru vhodných měřicích stanovišť.

Hluk pozadí se zjišťuje měřením hluku při vypnutém měřeném zařízení. Všechny ostatní rušivé zdroje hluku však musí zůstat v provozu. Při měření hluku provozu na sobě navzájem závislých zařízení technologických celků nelze tuto podmínku vždy splnit. Nelze např. provozovat pásový dopravník při vypnuté poháněcí stanici a naopak. V takových případech se velikost

hluku pozadí způsobeného provozem neměřených zařízení musí zjišťovat výpočtem. Hluk se měří na více různě vzdálených místech od měřeného zařízení i rušivých zdrojů. Pro každé měřicí stanoviště se dodatečně výpočtem vyhodnocuje vliv hluku provozu neměřených zařízení o již známých akustických parametrech. K vyhodnocení se využijí jen ty výsledky měření, které lze ještě korigovat s ohledem na vliv hluku pozadí.

### Závěr

Hodnocení vlivu hluku technologických zařízení pro lomy na obydlené okolí se opírá o výsledky měření hluku jednotlivých zařízení, provedené v jejich normálních provozních podmínkách. S tím jsou spojeny značné komplikace při výběru měřicích stanovišť a při eliminaci rušivých vlivů na výsledek hodnocení. Přitom je nutno se vypořádat i se specifickými problémy, neřešenými platnými normami. Odpovědným a kvalifikovaným přístupem však lze získat výsledky, které mají platnost a použitelnost jako výsledky měření a hodnocení hluku podle norem.

### S h r n u t í

#### Hodnocení hluku technologických zařízení pro lomy z hlediska jejich vlivu na okolí

Článek popisuje způsob hodnocení hluku technologických zařízení pro lomy z hlediska jejich vlivu na okolí. Upozorňuje na zvláštnosti podmínek měření a hodnocení hluku rozměrných zařízení, nasazených do normálního provozu, a ukazuje cestu, jak lze řešit z toho vyplývající specifické problémy.

Recenzoval: Ing. Luděk Suk,  
BP Teplice