
Akustický výkon zdroje hluku

Akustický výkon a hladina akustického výkonu

Hluk je rizikovým fyzikálním faktorem životních a pracovních podmínek. V pracovním prostředí narůstá hlučnost v důsledku zvyšování výkonu strojů a zařízení nebo v důsledku změny principu jejich funkce. Také úspora materiálu, která vede k vylehčování konstrukcí strojů i stavebních konstrukcí, které snadněji přenášejí a vyzařují zvukovou energii, přispívá ke zvýšení hlučnosti prostředí.

Snižování hluku strojů a zařízení vyžaduje výměnu akustických údajů zainteresovanými stranami. Jedná se o výrobce, montážní podniky a uživatele strojů a zařízení. Akustické údaje se získávají měřeními. Výsledky akustických měření jsou použitelné pouze tehdy, jsou-li získány za stanovených podmínek měření, jsou-li vyjádřeny definovanými akustickými veličinami a získány přístroji, které splňují požadavky norem.

Základní veličiny, které charakterizují hluk strojů a strojních zařízení jsou:

akustický výkon- akustická energie vyzařená zdrojem a přenesená prostředím za jednotku času

$$W = \frac{dE}{dt} \quad \text{W,} \quad (1)$$

hladina akustického výkonu

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad \text{dB,} \quad (2)$$

kde W je akustický výkon zdroje, L_W je hladina akustického výkonu zdroje a $W_0 = 10^{-12}$ W je referenční hodnota akustického výkonu.

Hodnota hladiny akustického výkonu L_W je nezávislá na podmínkách, ve kterých se určuje a je nutnou veličinou pro posuzování vlivu zdrojů hluku na zdraví populace, následně na ekonomiku společnosti a její životní úroveň.

Máme-li hlučnost prostředí udržovat na zákony stanovených limitech, je třeba akustické parametry získávat měřeními.

Znalost hladiny akustického výkonu stroje je nezbytná pro:

- stanovení hladiny akustického tlaku v dané vzdálenosti od stroje a stanovení denní hlukové expozice pracovníka,
- porovnání akustické emise vyzařené stroji stejného druhu a velikosti,
- vyjádření, zda stroj splňuje stanovený limit pro vyzařování hluku,
- návrh konstrukce strojů, které by splňovaly zákonné požadavky na hlučnost prostředí.

Ke stanovení akustického výkonu strojů a strojních zařízení existuje řada normalizovaných měřicích metodik.

Výběr vhodné metodiky záleží na:

- typu zkušebního prostředí
- objemu prostředí
- objemu zdroje vzhledem k objemu okolního prostoru
- charakteru vyzařovaného zvuku
- hluku pozadí
- kvalitě prostředí.

Podle výběru metodiky jde o měření:

- 1. třídy přesnosti - přesná metoda
- 2. třídy přesnosti - technická metoda
- 3. třídy přesnosti - provozní metoda

Třídu přesnosti určují:

- hodnota korekce na pozadí
- hodnota korekce na kvalitu prostředí
- hodnota směrodatné odchylky reprodukovatelnosti

Stanovení hladiny akustického výkonu stroje měřením hladin akustického tlaku

Provozní metoda podle ČSN ISO 3746

Mezinárodní norma ČSN ISO 3746 pro stanovení hladiny akustického výkonu provozní metodou vyžaduje splnění určitých podmínek kladených na zdroj hluku a na prostředí, ve kterém se zdroj nachází.

Provozní metoda je vhodná pro měření akustického výkonu zdrojů libovolné velikosti, které vyzařují hluk libovolného typu a v podmínkách, ve kterých korekce na hluk pozadí K_1 a korekce na prostředí K_2 vyhovuje následujícím požadavkům.

Limit pro hluk pozadí: $K_1 \leq 3$ dB

Způsobilost zkušebního prostředí: $K_2 \leq 7$ dB

Hodnoty K_1 a K_2 musí být splněny ve všech kmitočtových pásmech sledovaného kmitočtového rozsahu pro určení spektra akustického výkonu $L_w(f)$.

Nejistota měření

Nejistota výsledků měření hladiny akustického výkonu provozní metodou je dána pro 95% konfidenci hodnotou $\pm 1,69\sigma_R$, kde σ_R je směrodatná odchylka reprodukovatelnosti. Velikost směrodatné odchylky reprodukovatelnosti je svázána s podmínkami zkoušky, nikoliv s vlastním zdrojem hluku.

Je-li $K_2 < 5$ dB, je $\sigma_R \leq 3$ dB, je-li $5 \text{ dB} \leq K_2 \leq 7$ dB, je $\sigma_R \leq 4$ dB.

Metodika měření

1. Zkoušený stroj se umístí na odrazivou rovinu tak, jak by odpovídalo jeho běžnému použití.
2. Zajistí se takové provozní podmínky zdroje, které jsou typické pro běžné používání.
3. Volí se referenční rovnoběžnostěn, který obklopuje měřený zdroj hluku, (obr. 1). Při definici rozměrů l_1, l_2, l_3 tohoto rovnoběžnostěnu lze zanedbat části, které vystupují ze zdroje a nevyzařují významnou akustickou energii.
4. Ve vzdálenosti d od referenčního rovnoběžnostěnu se volí měřicí plocha (měřicí rovnoběžnostěn), která obklopuje zkoušený zdroj a referenční rovnoběžnostěn, (obr.1). Určí se velikost měřicí plochy S .
5. Na měřicí ploše se definují měřicí místa (polohy mikrofonu), (obr.1).
6. V každé poloze mikrofonu se provede měření hladiny akustického tlaku A a hladiny akustického tlaku v 1/3 oktávových pásmech a to po dobu typického časového intervalu provozu zdroje.
7. V každé poloze mikrofonu se provede měření hladiny akustického tlaku A a hladiny akustického tlaku v 1/3 oktávových pásmech hluku pozadí.

Stanovení hladiny akustického výkonu zdroje hluku z naměřených hladin akustického tlaku

Hladina akustického výkonu vážená filtrem A

$$L_{wA} = \bar{L}_{pA} + 10 \log \left(\frac{S}{S_0} \right) \text{ dB.} \quad (3)$$

Hladina akustického výkonu v pásmu

$$L_w = \bar{L}_{p,1/3} + 10 \log \left(\frac{S}{S_0} \right) \text{ dB} \quad (4)$$

Plošný obsah měřicí plochy: S (m²)

$$S = 4(a \cdot b + b \cdot c + c \cdot a) \text{ m}^2, \quad (5)$$

kde $S_0 = 1 \text{ m}^2$

$$a = 0,5l_1 + d \quad b = 0,5l_2 + d \quad c = l_3 + d$$

měřicí vzdálenost : d v m.

rozměry referenčního rovnoběžnostěnu: l_1, l_2, l_3 v m.

Průměrná hladina akustického tlaku A na měřicí ploše korigovaná na pozadí a prostředí

$$\bar{L}_{pA} = \bar{L}'_{pA} - K_1 - K_2 \quad \text{dB,} \quad (6)$$

Průměrná hladina akustického tlaku na měřicí ploše v 1/3 oktávovém pásmu korigovaná na pozadí a prostředí

$$\bar{L}_{p,1/3} = \bar{L}'_{p,1/3} - K_1 - K_2 \text{ dB,} \quad (7)$$

Průměrná hladina akustického tlaku A resp v 1/3 okt. pásmu na měřicí ploše

$$\bar{L}'_p = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L'_i} \right) \text{ dB.} \quad (8)$$

Korekce na pozadí

$$K_1 = -10 \log \left(1 - 10^{-0,1\Delta L} \right) \quad \text{dB,} \quad (9)$$

$$\Delta L = \bar{L}'_p - \bar{L}''_p \quad \text{dB,} \quad (10)$$

Průměrná hladina akustického tlaku pozadí na měřicí ploše vážená filtrem A resp. v okt. pásmu

$$\bar{L}''_p = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L''_i} \right) \text{ dB,} \quad (11)$$

Korekce na prostředí

$$K_2 = 10 \log \left[1 + 4 \left(\frac{S}{A} \right) \right] \quad \text{dB.} \quad (12)$$

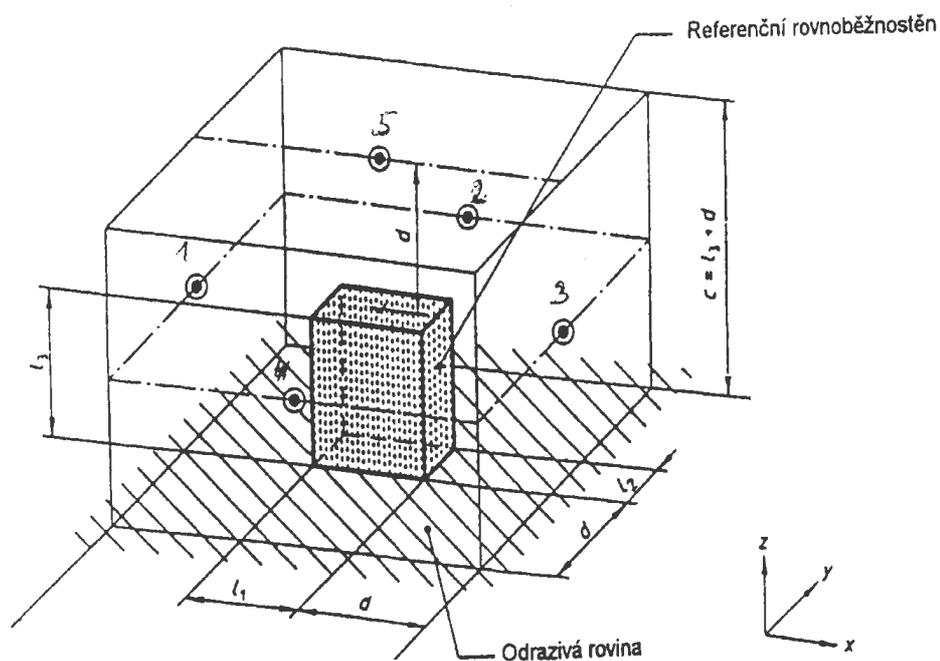
Pohltivost zvuku v místnosti

$$A = \bar{\alpha} \cdot S_v \quad \text{m}^2, \quad (13)$$

kde $\bar{\alpha}$ je střední činitel pohltivosti uvedený pro veličiny vážené filtrem A v tab. 1

S_v je celková plocha ohraničující místnost, (stěny, strop, podlaha) v m².

Volba měřicích míst



Příklad měřicí plochy a poloh mikrofonů pro malé stroje

($l_1 \leq d$, $l_2 \leq d$, $l_3 \leq 2d$, kde d je měřicí vzdálenost, obvykle 1 m)

obr. 1

Výška měřicích míst č. 1, 2, 3, 4 nad odrazivou rovinou (stolkem): $h = c/2 = (l_3 + d)/2$

Výška měřicího místa č. 5 nad odrazivou rovinou: $c = l_3 + d$

Tab. č. 1 Přibližné hodnoty středního činitele zvukové pohltivosti

α	druh místnosti
0,05	Téměř prázdná místnost s tvrdými stěnami z betonu, cihel nebo dlaždic.
0,10	Částečně prázdná místnost s tvrdými stěnami.
0,15	Místnost zařízená nábytkem, pravoúhlá dílna, pravoúhlá průmyslová provozovna.
0,20	Místnost nepravidelného tvaru zařízená nábytkem, dílna nebo průmyslová provozovna nepravidelného tvaru.
0,25	Místnost zařízená čalouněným nábytkem, průmyslový provoz nebo dílna s dílčími akustickými úpravami na stropě nebo zdech.
0,35	Místnost s materiálem pohlcujícím zvuk na stěnách a stropu.
0,50	Místnost s velkým množstvím materiálu pohlcujícím zvuk na stropu a stěnách.

Zaznamenávané údaje

Popis zkoušeného stroje

Název a typ:

Výrobní číslo:

Rok výroby:

Výrobce:

Provozní podmínky:

Podmínky montáže:

Umístění zdroje ve zkušebním prostředí:

Měřicí plocha

Rozměry referenčního rovnoběžnostěnu: $l_1 =$ m, $l_2 =$ m, $l_3 =$ m.

Rozměry měřicí plochy: $a =$ m, $b =$ m, $c =$ m.

Velikost měřicí plochy $S =$ m²

Měřicí vzdálenost: $d = 0,15$ m

Výška mikrofonu nad odrazivou rovinou: $h =$ m

Zkušební místnost

Rozměry: $x =$ m, $y =$ m, $z =$ m.

Plocha stěn: $S_v =$ m²

Úprava stěn, podlahy, stropu: $\alpha =$ $A =$ m²

Korekce na prostředí: $K_{2A} =$ dB

Klimatické podmínky: $t =$ °C, $\varphi =$ %, $p =$ hPa.

Měřicí aparatura:

Provedení experimentu

- Měření hladiny akustického tlaku
 - Ve stanovených měřicích bodech proveďte měření hladiny akustického tlaku **při provozu** asynchronního elektromotoru
$$L'_{iA}$$
 vážené filtrem A
$$L'_{i,1/3}$$
 v 1/3 oktávových pásmech 100 Hz až 5 000 Hz
 - Ve stanovených měřicích bodech proveďte měření hladiny akustického tlaku **pozdí**
$$L''_{iA}$$
 vážené filtrem A
$$L''_{i,1/3}$$
 v 1/3 oktávových pásmech 100 Hz až 5 000 Hz
- Na základě rovnice (8) určete na měřicí ploše průměrnou hladinu akustického tlaku A a průměrnou hladinu akustického tlaku v jednotlivých 1/3 oktávových pásmech.
- Na základě rovnice (9) a (12) stanovte korekci na pozadí K_{IA} , $K_{I,1/3}$ a korekci na prostředí K_{2A} .
- Posuďte vhodnost zkušebního prostředí a stanovte nejistotu měření.
- Na základě rovnice (3), (4) určete hladinu akustického výkonu váženou filtrem A, L_{wA} , a hladinu akustického výkonu v 1/3 oktávových pásmech, L_w .
- Graficky znázorněte závislost hladiny akustického výkonu na frekvenci $L_w(f)$ v 1/3 oktávových pásmech 100 Hz až 5000 Hz.

Tab. 2. Výsledky měření

	měř. místo č. 1		měř. místo č. 2		měř. místo č. 3		měř. místo č. 4		měř. místo č. 5					po korekci	
f (Hz)	$L'_{1,1/3}$ (dB)	$L''_{1,1/3}$ (dB)	$L'_{2,1/3}$ (dB)	$L''_{2,1/3}$ (dB)	$L'_{3,1/3}$ (dB)	$L''_{3,1/3}$ (dB)	$L'_{4,1/3}$ (dB)	$L''_{4,1/3}$ (dB)	$L'_{5,1/3}$ (dB)	$L''_{5,1/3}$ (dB)	$\bar{L}'_{p,1/3}$ (dB)	$\bar{L}''_{p,1/3}$ (dB)	$K_{1,1/3}$ (dB)	$\bar{L}_{p,1/3}$ (dB)	L_w (dB)
100															
125															
160															
200															
250															
320															
400															
500															
630															
800															
1000															
1250															
1600															
2000															
2500															
3200															
4000															
5000															
A filtr	L'_{1A} (dB)	L''_{1A} (dB)	L'_{2A} (dB)	L''_{2A} (dB)	L'_{3A} (dB)	L''_{3A} (dB)	L'_{4A} (dB)	L''_{4A} (dB)	L'_{5A} (dB)	L''_{5A} (dB)	\bar{L}'_{pA} (dB)	\bar{L}''_{pA} (dB)	K_{1A} (dB)	\bar{L}_{pA} (dB)	L_{wA} (dB)

$K_{2A} =$ dB $K_{2,1kHz} = K_{2A}$ pro ostatní kmitočty $K_{2,1/3} = 0$ dB.