PROJEKT III. (IV.) – Vzduchotechnika

5. Šíření hluku potrubní sítí

Autor:	Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D., Ing. Miroslav Kučera, Ph.D.
Organizace:	České vysoké učení technické v Praze
	Fakulta strojní
	Ústav techniky prostředí
E-mail:	Vladimir.Zmrhal@fs.cvut.cz
Web:	http://www.fsid.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Projekt3.htm

1. ÚTLUM HLUKU

Hladina akustického výkonu v oktávovém pásmu na konci potrubní sítě se stanoví jako rozdíl hladiny akustického výkonu zdroje hluku (ventilátoru) a výsledného útlumu hluku

$$L_{w,D} = L_{w,vent} - \sum D_i \tag{1}$$

kde $L_{w,vent}$ je hladina akustického výkonu ventilátoru v oktávovém pásmu [dB],
D_i útlum hluku jednotlivých elementů potrubní sítě [dB].

Výslednou hladinu akustického výkonu bude ovlivňovat i vlastní hluk jednotlivých elementů potrubní sítě. Výsledná hladina akustického výkonu pak bude dána součtem akustických výkonů

$$L_w = 10\log\left(10^{0,1L_{w,D}} + \sum 10^{0,1L_{w,vh}}\right) \tag{2}$$

kde $L_{w,vh}$ jsou hladiny akustického výkonu jednotlivých elementů (vlastní hluk) v oktávovém pásmu [dB].

2. STANOVENÍ ÚTLUMU A VLASTNÍHO HLUKU ELEMENTŮ

2.1. TLUMIČ HLUKU

Útlum hluku a vlastní hluk tlumiče udává obvykle výrobce. Vlastní hluk tlumiče v jednotlivých pásmech se stanoví jako

$$L_{w,okt,T} = L_{w,T} + L_{w,rel,T} \tag{3}$$

kde

$$L_{w,T} = 50\log\left(\frac{b+h}{b} w_A\right) + 10\log S_A - 3 \tag{4}$$

kde b je vzdálenost mezi kulisami [m],
h šířka kulisy [m],
w_A rychlost proudění ve volném průřezu tlumiče [m/s],
S_A volný průřez tlumiče = $B.H$ [m^2].

$$L_{w,rel,T} = -1,587\left(\frac{f}{w_B}\right)^{0,479} \tag{5}$$

kde w_B rychlost proudění mezi vložkami [m/s],
f frekvence [Hz].

2.2. PŘÍMÉ POTRUBÍ

Útlum hluku

$$D_{potr} = 0,45 - \left(0,235\log\sqrt{B \cdot H} + 0,374\right)\log\frac{f}{31,5} \text{ [dB/m]} \tag{6}$$

kde B je šířka potrubí [m],
H výška potrubí [m].

Vlastní hluk přímého potrubí

$$L_{w,okt,pot} = L_{w,pot} + L_{w,rel,pot} \tag{7}$$

kde

$$L_{w,pot} = 10 + 50\log w + 10\log S \tag{8}$$

$$L_{w,rel,pot} = \frac{261}{f} - 7{,}7 \cdot e^{0{,}00014 f} \tag{9}$$

2.3. OBLOUK

Útlum hluku v oblouku

$$D_{obl} = 3{,}32\log f + 3\log d - 6 \tag{10}$$

kde d je šířka potrubí [m].

2.4. ODBOČKA

Útlum hluku v odbočce, nebo v koleni s vodícími plechy

$$D_{odb} = 10\log\left(\frac{\sum S_i}{S_i}\right) \tag{11}$$

kde S_i je průřez odbočky do které se určuje šíření hluku [m^2],
ΣS_i průřez odboček do kterých se šíří hluk [m^2].

Vlastní hluk odbočky se zanedbává.

2.5. KOLENO

Útlum hluku v pravoúhlém koleni. Jedná se o útlum hluku reflexí zpět ke zdroji.

$$D_{kol} = 8{,}7e^{-7\left(\log\frac{f\cdot d}{250}\right)^2} + 8{,}5\left(1 - e^{-2\log\frac{f}{400}}\right) \tag{12}$$

2.6. VYÚSTKA

Odraz akustické energie náhlým rozšířením

$$D_{vyu} = 30{,}9 - 14{,}85\log\left(f\sqrt{B\cdot H}\right) \text{ [dB]} \tag{13}$$

kde B je šířka vyústky [m],
H výška vyústky [m].

3. HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU V KONTROLNÍM MÍSTĚ

Spektrum hladiny akustického tlaku v kontrolním místě se stanoví jako

$$L_{p,i} = L_{w,i} + 10\log\left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4(1-\alpha_m)}{S\alpha_m}\right] \text{ [dB]} \tag{14}$$

kde S je celková plocha stěn místnosti [m^2],
α_m střední činitel pohltivosti stěn [-],
r vzdálenost kontrolního místa od zdroje hluku v místnosti [m],
Q činitel směrovosti (obvykle 1, 2, 4 nebo 8 podle umístění) [-].

$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S_i} \tag{15}$$

V případě více zdrojů hluku v místnosti (výustí) je hladina akustického tlaku v oktávovém pásmu dána součtem

$$L_p = 10 \log \sum 10^{0,1 L_{p,i}} \text{ [dB]} \tag{16}$$

Výsledná (jednočíselná hodnota) hladina akustického tlaku A

$$L_{p,A} = 10 \log \left[\sum 10^{0,1(L_p + K_{Ai})} \right] \text{ [dB]} \tag{17}$$

f[Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\mathbf{K_{A,i}}$	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1

4. PŘÍKLAD VÝPOČTU

Vypočítejte hlukové parametry potrubní sítě. Zdrojem hluku je ventilátor. Průtok vzduchu V = 0,5 m^3/s. Rozměr potrubí je 315x315 mm, za odbočku se mění na 315x160 mm. Úkolem je navrhnout tlumič hluku tak, aby výsledná hladina akustického tlaku A nepřesáhla v kontrolním místě S hygienické limity. Podle Nařízení vlády č.148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací je pro danou místnost v době provozu limit $L_{p,A,max}$ = 50 dB.

Rozměr tlumiče hluku instalovaného za ventilátorem je 600x315 mm, délka l = 1500 mm. Šířka kulisy h = 200 mm, vzdálenost mezi kulisami b = 100 mm.

Řešení proveďte pro následující případy:

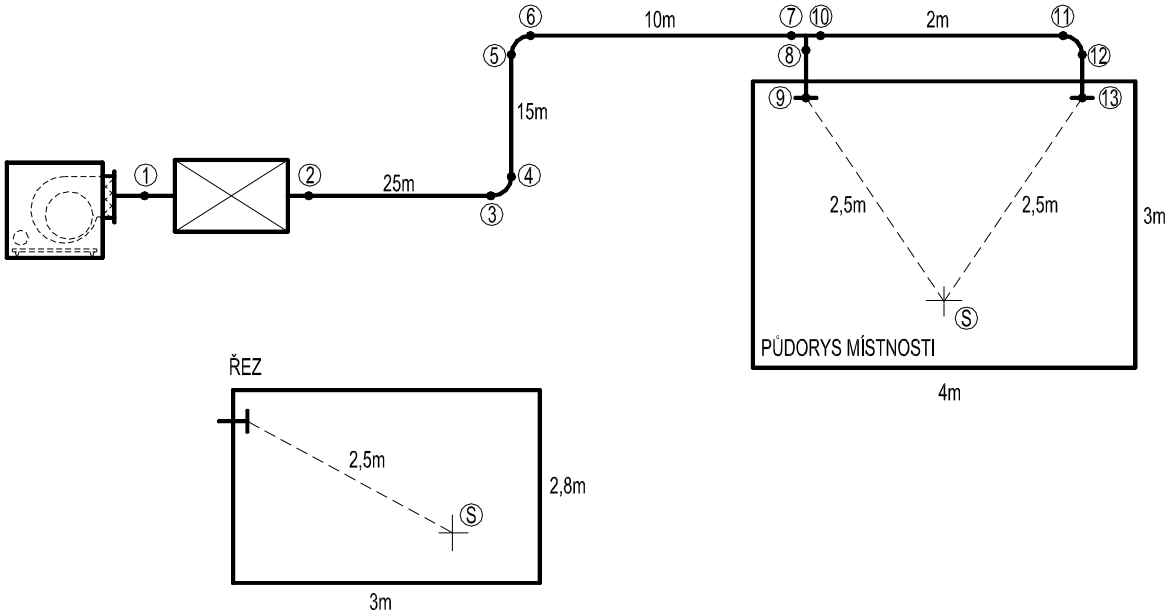
a) bez uvažování vlastního hluku jednotlivých elementů potrubní sítě,

b) s uvažováním vlastního hluku.

Vlastnosti místnosti:

Q = 4, r = 2,5 m, S = 158 m^2

***f*[Hz]**	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α_m	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03



Obr. 1 Potrubní síť pro řešený příklad

A) VÝPOČET BEZ UVAŽOVÁNÍ VLASTNÍHO HLUKU

Zjednodušená metoda řešení šíření hluku potrubím zanedbává vlastní hluk jednotlivých elementů potrubní sítě. Řešení po jednotlivých úsecích je uvedeno v tabulce 1.

B) VÝPOČET S UVAŽOVÁNÍM VLASTNÍHO HLUKU ELEMENTŮ

Tab. 1 Výpočet bez uvažování vlastního hluku elementů potrubní sítě

f [Hz]	Úsek	Rozměry	Ozn.	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Poznámka
Ventilátor	1	-	L_w [dB]	95	91	86	80	76	71	66	60	údaj výrobce
Bez tlumiče	1-2	-	D_i [dB]	0	0	0	0	0	0	0	0	
Přímé potrubí	2-3	a x b = 315x315 mm, L = 25 m		9,3	7,4	5,5	3,6	1,6	0	0	0	vztah (6)
Oblouk	3-4	d = 315 mm		0,0	0,0	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	vztah (10)
Přímé potrubí	4-5	a x b = 315x315 mm, L = 15 m		5,6	4,5	3,3	2,1	1,0	0	0	0	vztah (6)
Oblouk	5-6	d = 315 mm		0	0	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	vztah (10)
Přímé potrubí	6-7	a x b = 315x315 mm, L = 10 m		3,7	3,0	2,2	1,4	0,7	0	0	0	vztah (6)
Odbočka	7-8	a x b = 315x160 mm, S = 0,05, ΣS = 0,1 m^2		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	vztah (11)
Vyústka	8-9	315 x 160 mm		13,81	9,40	4,93	0,45	0	0	0	0	vztah (13)
Odbočka	7-10	a x b = 315x160 mm, S = 0,05, ΣS = 0,1 m2		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	vztah (11)
Přímé potrubí	10-11	a x b = 315x160 mm, L = 10 m		0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	vztah (6)
Oblouk	11-12	d = 160 mm		0,0	0,0	0,0	0,6	1,6	2,6	3,6	4,6	vztah (10)
Vyústka	12-13	315 x 160 mm		13,8	9,4	4,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	vztah (13)

CELKOVÝ ÚTLUM ÚSEK 1 - 9 [dB]	ΣD_{1-9}	35,5	27,2	19,8	13,5	11,2	9,9	11,9	13,9	
HLADINA AKUSTICKÉHO VÝKONU V BODĚ 9 [dB]	$L_{w,9}$	59,5	63,8	66,2	66,5	64,8	61,1	54,1	46,1	vztah (1)
HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU OD MÍSTA 9 V KONTR. MÍSTĚ [dB]	$L_{p,9}$	60,6	64,9	67,3	67,6	65,9	60,5	53,5	45,5	vztah (14)
CELKOVÝ ÚTLUM ÚSEK 1 - 13 [dB]	ΣD_{1-13}	36,2	27,9	20,3	14,4	13,0	12,6	15,5	18,5	
HLADINA AKUSTICKÉHO VÝKONU V MÍSTĚ 13 [dB]	$L_{w,13}$	58,8	63,1	65,7	65,6	63,0	58,4	50,5	41,5	vztah (1)
HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU OD MÍSTA 13 V KONTR. MÍSTĚ [dB]	$L_{p,13}$	59,9	64,2	66,8	66,7	64,1	57,8	49,9	40,9	vztah (14)
VÝSLEDNÁ HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU V KONTROLNÍM MÍSTĚ	L_p	63,3	67,6	70,0	70,2	68,1	62,3	55,1	46,8	vztah (16)
HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU A [dB(A)]	$L_{p,A}$	**72,0**								vztah (17)

$L_{p,A} \rangle L_{p,A,\max} \Rightarrow$ *NEVYHOVUJE*!

Zařadíme-li do úseku 1-2 tlumič hluku

Tlumič hluku	1-2	a x b = 600x315 mm, L = 1,5 m	D_i [dB]	4,5	12	19	26	28	24	18	10	údaj výrobce

CELKOVÝ ÚTLUM ÚSEK 1 - 9 [dB]	ΣD_{1-9}	40,0	39,2	38,8	39,5	39,2	33,9	29,9	23,9	
HLADINA AKUSTICKÉHO VÝKONU V BODĚ 9 [dB]	$L_{w,9}$	55,0	51,8	47,2	40,5	36,8	37,1	36,1	36,1	vztah (1)
HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU OD MÍSTA 9 V KONTR. MÍSTĚ [dB]	$L_{p,9}$	56,1	52,9	48,3	41,6	37,9	36,5	35,5	35,5	vztah (14)
CELKOVÝ ÚTLUM ÚSEK 1 - 13 [dB]	ΣD_{1-13}	40,7	39,9	39,3	40,4	41,0	36,6	33,5	28,5	
HLADINA AKUSTICKÉHO VÝKONU V MÍSTĚ 13 [dB]	$L_{w,13}$	54,3	51,1	46,7	39,6	35,0	34,4	32,5	31,5	vztah (1)
HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU OD MÍSTA 13 V KONTR. MÍSTĚ [dB]	$L_{p,13}$	55,4	52,2	47,8	40,7	36,1	33,8	31,9	30,9	vztah (14)
VÝSLEDNÁ HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU V KONTROLNÍM MÍSTĚ	L_p	58,8	55,6	51,0	44,2	40,1	38,3	37,1	36,8	vztah (16)
HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU A [dB(A)]	$L_{p,A}$	**48,5**								vztah (17)

$L_{p,A} \langle L_{p,A,\max}$ *dle nařízení vlády* $\Rightarrow$ *VYHOVUJE*!

Tab. 2 Výpočet s uvažováním vlastního hluku elementů potrubní sítě

LITERATURA

[1] FERSTL, K., SZEKYOVÁ,M., NOVÝ, R. Větrání a klimatizace, JAGA group. 2006.

[2] HEMZAL, K. Větrání a klimatizace. Technický průvodce. Praha: Bolit Brno.1993.

[3] NOVÝ R. Hluk a chvění. Monografie ČVUT. 1995.

[4] Nařízení vlády č.148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací,