

THE PROBLEMATICS OF ACOUSTIC POWER DETERMINATION OF FLAT SOURCES IN STRAITENED AREAS

J.Ondrouch^{*}, J.Kaňák^{*}

Summary: In the paper some knowledge is discussed from measurements of acoustic power of a flat source in spatially straitened conditions. It is a non typical source of a noise, which can not be surrounded with a measuring area on which measurement of acoustic quantities are to be done in individual measurement points. The acoustic power is then determined from measurements on the measuring area parallel to the source, both by acoustic intensity and acoustic pressure measurements in individual points.

1. Úvod

Při určování účinnosti jednotlivých tlumičů modelu strojní součásti se vedle jejich působení na vibrace hodnotí také jejich účinek na vyzařovaný hluk. Hluk je však veličinou integrální, což znamená, že nejobektivnější srovnávací veličinou je vyzařovaný akustický výkon. Akustický výkon lze v zásadě určovat dvěma způsoby a to měřením akustické intenzity v bodech nebo měřením akustického tlaku v bodech. Obě metody mají své výhody i nevýhody, což vynikne zejména ve stísněných prostorech.

2. Popis měřeného zdroje, tlumičů a postupu měření

Zdrojem vyzařování byla mezidruhov^á deska \varnothing 500/40 tl. 10 mm, která byla na vnitřním průměru upevněna na hřídel šroubovým spojením. Hřídel \varnothing 60 mm byl upevněn vodorovně k horní stěně tělesa – kostce velké hmotnosti, tedy v rámci reálných možností poměrně dokonale vetknut. V tomto uspořádání byla spodní polovina plochy desky vzdálena od kostky 70 mm. Místnost - laboratoř, kde byla měření prováděna má šířku 6 m, délku 5,8 m a je vysoká 3 m. Celková kubatura uvedené místnosti je cca 103 m³, avšak stísněnost prostoru je dána také situováním měřeného modelu v něm. Vzdálenost překážek po obou stranách osy modelu (stěna místnosti a stěna nábytku) byla cca 1 m. Výška osy modelu byla 480 mm nad podlahou, což znamená poměrně blízkou odraznou plochu v podobě stropu. Pouze stěna místnosti proti čelní ploše modelu byla dosti vzdálená – 2,8 m. Vystává otázka, proč nebyl model umístěn uprostřed místnosti. Odpověď je jednoduchá: Těleso velké hmotnosti – kostka, která slouží také k vibračním měřením, je v laboratoři situována s ohledem na její další vybavení a není možné ji kdykoli podle potřeby přemísťovat. Buzení bylo prováděno elektrodynamickým budičem V 406 10 mm od horního okraje modelu prostřednictvím ocelové tyčky \varnothing 1,5 mm o celkové délce 70 mm. Budič byl napájen výkonovým zesilovačem

^{*} Prof. Ing. Jan Ondrouch, CSc., Ing. Jiří Kaňák, Ph.D.: VŠB-Technická univerzita Ostrava; ul.17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba; tel.: +420 597 321 261, fax: +420 597 321 287; e-mail: jan.ondrouch@vsb.cz jiri.kanak@vsb.cz

PA 100E, který byl buzen generátorem analyzátoru BK 2032 náhodným signálem. Míra buzení byla dána nastavením úrovně výstupního signálu generátoru BK 2032 a volbou zesílení výkonového zesilovače PA 100E (pro všechny varianty uspořádání konstantní). Byly použity dva typy absorpčních tlumičů (deska tvaru mezikruží s menším či větším otvorem sevřená přes dvě úzká mezikruží a uchycená na obvodu zdroje) a jeden typ tlumiče s diskrétními hmotami ($6 \times$ diskrétní hmota na pryžové pružině rovnoměrně rozmístěná na roztečné kružnici blízké okraji modelu). Měření akustické intenzity a akustického tlaku bylo prováděno sondou akustické intenzity s párem mikrofonů BK 4181 a při použití rozpěrky 8,5 mm, která umožňuje měření akustické intenzity v rozsahu cca 250 Hz až 7,1 kHz. Pro omezení vlivu vyzařování budiče byl budič oddělen od modelu dřevotřískovou deskou s otvorem pro tyčku. Vliv vyzařování poměrně hlučných ventilátorů chlazení analyzátoru BK 2032 byl potlačen použitím přepážky, tvořené dvojitým kobercem v ocelovém rámu. Měření bylo prováděno v rozsahu 1,6 kHz. Schéma měřicího a budicího řetězce je na obr. 1.

Před vlastním měřením byla provedena kontrolní měření, zejména pak byl stanoven index dynamické schopnosti měřicího řetězce s uvedenou sondou akustické intenzity δ_{plo} .

Akustický výkon byl určován měřením akustické intenzity v bodech dle ČSN ISO 9614-1 a jako doplněk byl akustický výkon stanovován ještě měřením akustického tlaku v bodech dle ČSN ISO 3744 a ČSN ISO 3746. V obou případech nebylo dost dobře možné obklopit měřený zdroj měřicí plochou, a proto byla vytvořena měřicí plocha pouze před čelní stranou modelu.

Vlastní měření bylo realizováno měřením akustické intenzity a akustického tlaku v síti 17 měřicích bodů na měřicí ploše \varnothing 0,5 m rovnoběžné s čelní stranou modelu a vzdálené od něj 0,5 m. Výsledky měření na uvedené ploše byly použity k výpočtu akustického výkonu z akustické intenzity i z akustického tlaku (využito měření ze 7 bodů). Pro výpočet potřebných korekcí pro stanovení akustického výkonu měřením akustického tlaku bylo provedeno další měření akustického tlaku v síti 7 bodů na měřicí ploše \varnothing 1 m rovnoběžné s čelem modelu a vzdálené od něj 1 m a dále byl ještě měřen na původní měřicí ploše akustický tlak pozadí pro výpočet korekcí na hluk pozadí. Poloha páru mikrofonů sondy akustické intenzity ve zvolených (polárních) souřadnicích měřicích bodů na obou plochách byla realizována použitím držáku ve stojanu ve formě portálu.

3. Výsledky měření a získané poznatky

Z důvodu blízkosti odrazných ploch lze akustická měření provádět (vyhodnocovat) až od 1/3 oktávového pásma 315 Hz (v nižším 1/3 oktávovém pásmu při stanovování akustického výkonu z akustické intenzity není potřebný rozdíl mezi hladinou akustického tlaku a akustické intenzity a akustický tlak na druhé, vzdálenější ploše je vyšší než na ploše bližší). V případě stanovování akustického výkonu z akustického tlaku v nižších 1/3 oktávových pásmech je v bodech na vzdálenější ploše průměrný akustický tlak vyšší než na ploše bližší zdroji. Bohužel tedy není možnost v daném prostředí a místě měřit akustický výkon v 1/3 oktávových pásmech pod 315 Hz ani měřením akustického tlaku a pokud je zapotřebí provádět akustická měření v uvedených nižších frekvenčních pásmech, pak lze pouze měřit ve vhodně zvoleném referenčním bodě akustický tlak a měření jsou pak pouze srovnávací.

Příklad zpracovaných naměřených dat pro model s tlumičem č. 8 při využití akustické intenzity je v tabulce 1, kde je uveden indikátor F2 (rozdíl průměrného akustického tlaku a

průměrné akustické intenzity na měřicí ploše) a je ve všech případech menší než index dynamické schopnosti měřicího řetězce dle ČSN ISO 9614-1. Pro 1/3 oktávová pásma 800 Hz až 1,25 kHz se jeví jako poněkud nedostatečný počet měřicích bodů, ale z technických důvodů byl jejich počet v tomto případě omezen na 17. Přesnost (nejistota) určení akustického výkonu je dána použitím třídy přesnosti metody v jednotlivých 1/3 oktávových pásmech dle výše uvedené normy.

Pro shodné uspořádání modelu jsou zpracované výsledky měření s využitím akustického tlaku uvedeny v tabulce 2, kde je patrná provedená korekce původních výsledků na měřicí ploše 1 vypočtenou korekcí z měření na ploše 2. Pro 1/3 oktávové pásmo 315 Hz bylo navíc nutné provést korekci na hluk pozadí (v tabulce je již zahrnuta). Přesnost (nejistota) určení akustického výkonu je dána uplatněnou korekcí a zvoleným počtem měřicích bodů.

V tabulce 3 jsou porovnány zpracované výsledky vybraných měření, kde je zřejmé, že výsledky obou metod se zásadně neliší a jsou v podstatě v tolerančních pásmech nejistot dle ČSN ISO 9614-1, ČSN ISO 3744 a ČSN ISO 3746. Výsledky obou metod také shodně potvrzují nepatrný účinek laděného tlumiče 17 s diskrétními hmotami, který byl naladěn blízko první vlastní frekvence modelu cca 100 Hz. Je evidentní, že přesnost měření s využitím akustické intenzity je podstatně vyšší než pomocí akustického tlaku. Navíc metoda, která ke stanovení akustického výkonu využívá akustický tlak, v některých 1/3 oktávových pásmech selhává, protože průměrný akustický tlak v těchto pásmech je na vzdálenější měřicí ploše vyšší než na ploše bližší.

Tabulka 1

1/3 Oktávové pásmo	Indikátor F2	Minimální počet bodů	Hladina akustického výkonu
[Hz]	[dB]	[-]	[dB]
315	3,9	12,0	37,1
400	0,1	1,4	51,3
500	2,2	0,9	54,0
630	1,3	11,9	68,6
800	1,2	27,9	73,6
1000	2,2	19,5	68,8
1250	3,0	22,4	54,6

Vybrané soubory	C:\vypocty\de16_8\D1_8
-----------------	------------------------

Počet souborů	17
---------------	----

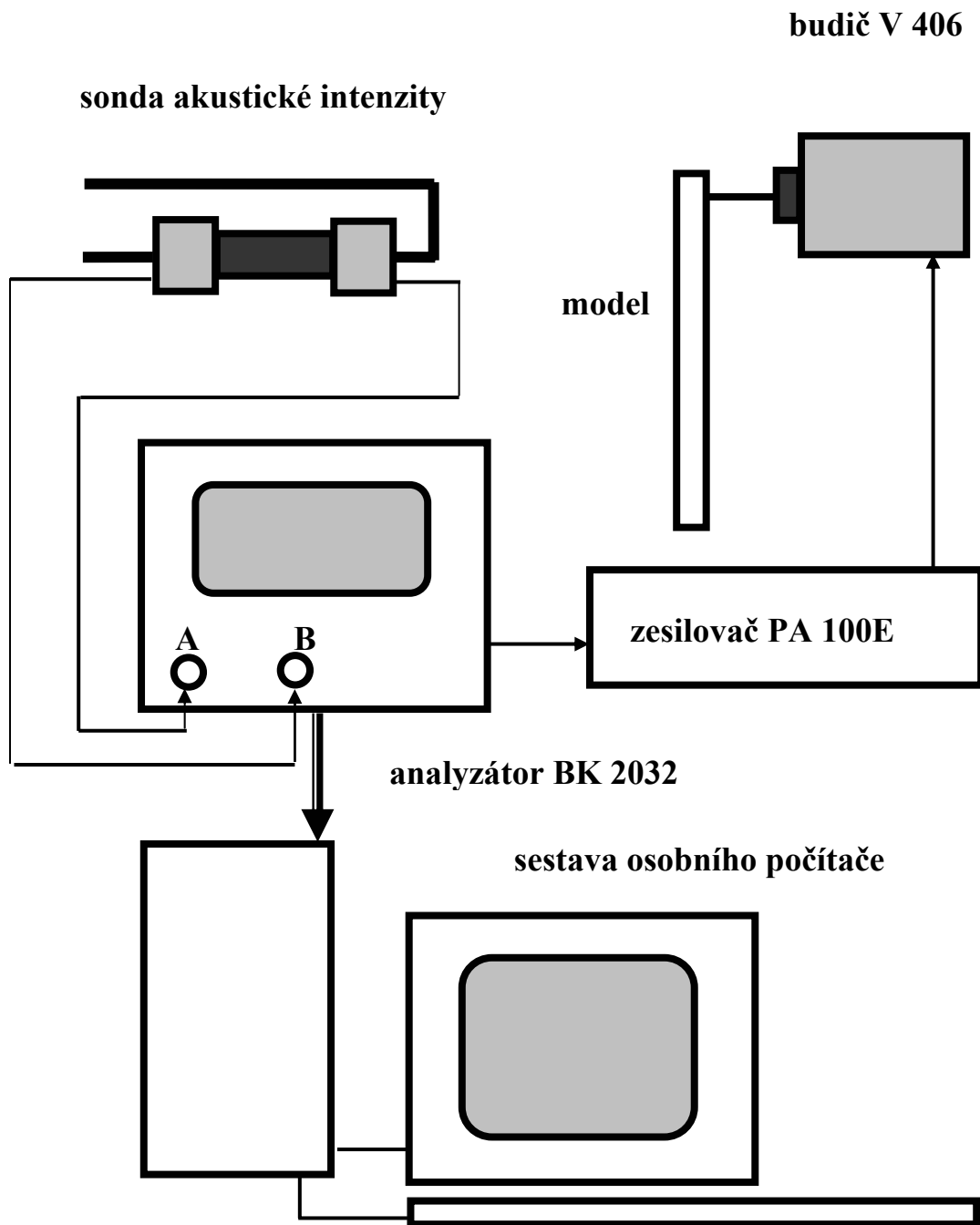
Plocha	0,196 m ²
--------	----------------------

**MEZIKRUHOVÁ DESKA
S TLUMIČEM č. 8**

Celkový akustický výkon	
75,9	[dB]
75,0	[dB(A)]

Tabulka 3

Porovnání akustického výkonu z měření akustické intenzity (I) s akustickým výkonem z měření akustického tlaku (p)											
USPOŘÁDÁNÍ 1/3 okt. pásmo METODA	315	400	500	630	800	1 k	1,25 k	TOTAL [dB] [dB(A)]			
I bez tlumiče	výkon [dB]	39,9	54,4	68,0	65,2	72,5	73,0	67,0	77,2	76,6	
	nejistota [dB]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5		
	P	výkon [dB]	41,5	55,1	68,4	65,0	68,0	71,9	69,6	76,2	75,6
		nejistota [dB]	1,5	1,5	1,5	3,0	3,0	3,0	1,5	3,0	
I tlumič č.7	výkon [dB]	34,9	50,6	51,5	54,7	60,8	60,7	51,5	64,9	64,2	
	nejistota [dB]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5		
	P	výkon [dB]	34,0	50,6	52,7	-	61,3	63,0	51,1	-	-
		nejistota [dB]	>3,0	1,5	1,5	-	1,5	1,5	3,0	-	
I tlumič č. 8	výkon [dB]	37,1	51,3	54,0	68,6	73,6	68,8	54,6	75,9	75,0	
	nejistota [dB]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5		
	P	výkon [dB]	38,2	52,0	56,3	69,0	77,3	69,5	53,7	78,5	77,7
		nejistota [dB]	>3,0	1,5	1,5	1,5	3,0	1,5	3,0	>3,0	
I tlumič č. 17	výkon [dB]	39,3	53,3	66,1	63,5	73,5	73,5	65,7	77,3	76,8	
	nejistota [dB]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5		
	P	výkon [dB]	39,2	54,6	65,0	64,7	70,8	70,6	-	-	-
		nejistota [dB]	3,0	1,5	1,5	3,0	3,0	3,0	-	-	



Obr. 1 Sestava měření

Tabulka 2

MEZIKRUHOVÁ DESKA S TLUMIČEM č. 8							
1/3 oktávové pásmo [Hz]	315	400	500	630	800	1000	1250
akustický výkon [dB]	38,2	52,0	56,3	69,0	77,3	69,5	53,7
korekce [dB]	2,3	0,2	0,1	1,2	4,2	1,3	3,4
CELKOVÝ AKUSTICKÝ VÝKON				78,5 [dB]	77,7 [dB(A)]		

4. Závěr

Závěrem lze říci, že stanovení akustického výkonu plochého zdroje hluku nad určitou dolní mezní frekvencí v akusticky stísněných podmínkách je možné měřením akustické intenzity v bodech vždy a tato metoda je zároveň přesnější než určení akustického výkonu měřením akustického tlaku v bodech, kde se navíc mohou vyskytnout další frekvenční pásma, kde touto metodou nelze akustický výkon stanovit.

5. Poděkování

Tento příspěvek vznikl s podporou grantu GAČR reg. číslo 101/03/0845.

6. Literatura

Nový, R. Hluk a chvění. (1995) *ČVUT Praha*, 389, pp. 69-96.

Tůma, J. Zpracování signálů z mechanických systémů užitím FFT. (1997) *Sdělovací technika Praha*, 174.