



INSTYTUT ENERGETYKI
Instytut Badawczy
ODDZIAŁ TECHNIKI CIEPLNEJ „ITC” w Łodzi
93-208 Łódź, ul. Dąbrowskiego 113
www.itc.edu.pl, e-mail: itc@itc.edu.pl



Temat w ITC: 04120096

Nr ewidencyjny: 8620

Tytuł pracy

**Określenie parametrów aeroakustycznych
tłumików SIL-100.**

Autor:

inż. Jan Ryszard Jaworski

(podpis)

Kierownika Zakładu:

inż. Paweł Szuman

(podpis)

P.o.Dyrektora Oddziału:

dr inż. Jacek Karczewski

(podpis)

Rozpoczęcie pracy:
09.2013

Zakończenie pracy:
12.2013

str.: 7 rys. 2, wyk.: –, tabl.: 1, poz. bibl.: 3

Załączniki: 6

Data wydania

Egz. Nr

Rozdzielnik

1. Zakład NA
2. Alnor Systemy Wentylacji Sp. z o.o.

1 egz.
3 egz.

	Tytuł pracy: Określenie parametrów aeroakustycznych tłumików SIL-100.	Strona: 2 Stron: 7
---	---	---------------------------

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono opis metody badań oraz ocenę parametrów użytkowych tłumików wentylacyjnych dostarczonych do badań przez Zamawiającego.

Spis treści

1	PODSTAWA WYKONANIA PRACY	2
2	ZAKRES PRACY	2
3	OPIS STANOWISKA POMIAROWEGO.....	3
4	METODYKA I SPOSÓB PRZEPROWADZENIA POMIARÓW	3
4.1	POMIARY AKUSTYCZNE	3
4.2	POMIARY PRZEPŁYWOWE	5
5	PARAMETRY AEROAKUSTYCZNE BADANYCH TŁUMIKÓW.....	5
	LITERATURA	7

Załączniki:

1. Sprawozdanie z badań nr 01/2013 „Badanie aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000” str. 14
2. Sprawozdanie z badań nr 02/2013 „Badanie aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000” str. 14
3. Sprawozdanie z badań nr 03/2013 „Badanie aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500” str. 15
4. Sprawozdanie z badań nr 04/2013 „Badanie aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000” str. 15
5. Sprawozdanie z badań nr 05/2013 „Badanie aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500” str. 15
6. Sprawozdanie z badań nr 06/2013 „Badanie aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000” str. 15
7. Sprawozdanie z badań nr 07/2013 „Badanie aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000” str. 15

1 Podstawa wykonania pracy:

W ramach tematu 04120096, na podstawie zamówienia nr ZA 237 07 12 MW ITC.xlsx z 04.07.2012 i aktualizacji nr ZA 222 06 13 MW ITC.xlsx z 05.07.2013, przeprowadzono badania aeroakustyczne tłumików, dostarczonych przez Zleceniodawcę.

2 Zakres pracy:

Badania obejmowały określenie następujących parametrów aeroakustycznych tłumików:

D_1 – tłumienie wtrącenia,

L_W – poziom mocy akustycznej szumu przepływu,

ζ – współczynnik strat ciśnienia całkowitego.

Dla określenia ww. parametrów przeprowadzono następujące badania:

- pomiar poziomu ciśnienia akustycznego i wyznaczenie poziomu mocy akustycznej w pasmach tercjowych, w układzie z badanym tłumikiem i z kanałem zastępczym (sygnałem akustycznym jest szum głośników i przepływ),
- pomiar poziomu ciśnienia akustycznego i wyznaczenie poziomu mocy akustycznej w pasmach tercjowych, w układzie z badanym tłumikiem i z kanałem zastępczym (sygnałem akustycznym jest przepływ),
- pomiar różnicy ciśnień statycznych przed i za badanym obiektem, w układzie z badanym tłumikiem i z kanałem zastępczym.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono:

- tłumienie wtrącenia w pasmach tercjowych,
- poziom mocy akustycznej szumu własnego tłumika,
- współczynnik całkowitej straty ciśnienia.



3 Opis stanowiska pomiarowego:

Badania przeprowadzono na stanowisku pomiarowym spełniającym wymagania normy PN-EN ISO 7235:2009 „Akustyka. Metody pomiarów tłumików kanałowych. Tłumienie wtrącenia, hałas przepływu i strata ciśnienia całkowitego”. Wylot stanowiska pomiarowego wyprowadzono do komory pogłosowej, w której wykonywano pomiary akustyczne. Pomiary właściwe poprzedzone były sprawdzeniem (po zamontowaniu badanego tłumika) tłumienia granicznego stanowiska pomiarowego oraz czasu pogłosu komory pogłosowej. Pozostałe parametry, tj. określenie profilu prędkości w kanale pomiarowym przed badanym tłumikiem oraz współczynnika odbicia od płaszczyzny wylotowej kanału pomiarowego wykonano w ramach sprawdzenia własności metrologicznych stanowiska badawczego.

Pomiary sprawdzające stanowiły warunek klasyfikacji układu pomiarowego na zgodność z wymaganiami norm [1] i [2]. Wyniki sprawdzenia warunków pomiaru zamieszczono w sprawozdaniach z badań.

4 Metodyka i sposób przeprowadzenia pomiarów:

4.1 Pomiary akustyczne:

Pomiary akustyczne wykonane zostały przy użyciu wzorcowanego zestawu pomiarowego firmy B&K klasy 1. Przed i po zakończeniu każdej serii pomiarów zestaw był kalibrowany przy pomocy wzorcowanego kalibratora firmy B&K klasy 1. Wyniki kalibracji podano w sprawozdaniu z badań, a wyniki pomiarów uwzględniają aktualną poprawkę kalibracyjną.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczano następujące wielkości akustyczne:

Średni poziom ciśnienia akustycznego $\overline{L}_p$ serii pomiarowej w pasmach tercjowych mierzono w dziewięciu punktach pomiarowych:

$$\overline{L}_p = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right),$$

gdzie:

L_i – poziom ciśnienia akustycznego w tercjowym paśmie częstotliwości w i-tym punkcie pomiarowym, dB,

n – liczba pomiarów.

Poziom mocy akustycznej L_w w komorze pogłosowej w pasmach częstotliwości obliczano wg zależności:

$$L_w = \overline{L}_p + C + K_1,$$

gdzie:

C – różnica poziomów mocy akustycznej promieniowanej do komory pogłosowej oraz uśrednionego poziomu ciśnienia akustycznego w komorze pogłosowej:



$$C = 10 \log \frac{A}{A_0} + 4,34 \frac{A}{S} + 10 \log \left(1 + \frac{S \cdot c}{8 \cdot V \cdot f} \right) - 25 \log \left[\frac{427}{400} \sqrt{\frac{273}{273 + \theta}} \cdot \frac{B}{B_0} \right] - 6$$

A – chłonność akustyczna komory pogłosowej, m²,

A₀ = 1 m²,

V – objętość komory pogłosowej, m³,

V₀ = 1 m³,

S – pole powierzchni ograniczających komorę pogłosową, m²,

f – częstotliwość środkowa pasma pomiarowego, Hz,

B – ciśnienie atmosferyczne, Pa,

B₀ = 1,013 × 10⁵ Pa,

c – prędkość dźwięku dla temperatury θ, c = 20,05 · √(273 + θ) m/s,

θ – temperatura, °C,

K₁ – poprawka, uwzględniająca hałas tła, dB:

$$K_1 = 10 \cdot \log(1 - 10^{(-0,1 \cdot \Delta L)})$$

$$\Delta L = \overline{L_p'} - \overline{L_p''}$$

$\overline{L_p'}$ – poziom wartości średniokwadratowej ciśnienia akustycznego w danym paśmie częstotliwości, uśredniony w punktach pomiarowych, podczas pracy badanego źródła, dB,

$\overline{L_p''}$ – poziom wartości średniokwadratowej ciśnienia akustycznego hałasu tła, w danym paśmie częstotliwości, uśredniony w punktach pomiarowych, bez hałasu badanego źródła, dB.

Tłumienie wtrącenia D określano jako różnicę poziomów mocy akustycznej układu z zainstalowanym badanym tłumikiem oraz z kanałem zastępczym.

Poziom mocy akustycznej szumu własnego tłumika wyznaczano wg zależności:

$$L_w = \overline{L_p} + D_{td} + C, \text{ gdzie:}$$

$\overline{L_p}$ – średnia wartość poziomu ciśnienia akustycznego w danym paśmie częstotliwości, dB,

D_{td} – tłumienie przenoszenia na końcu kanału przyłączonego do komory pogłosowej, dB,

C – różnica poziomów mocy akustycznej promieniowanej do komory pogłosowej oraz uśrednionego poziomu ciśnienia akustycznego w komorze pogłosowej.

4.2 Pomiary przepływowe:

Prędkość przepływu określono zgodnie z metodyką opisaną w [3]. Lokalne ciśnienia mierzono sondą Prandtla z przetwornikiem różnicy ciśnień.

Straty ciśnienia tłumika określono zgodnie z normą PN EN ISO 7235:2009 metodą zastępowania (odczyt z przetwornika różnicy ciśnień i zapis do pliku wartości różnicy ciśnień statycznych wykonywany był przez program GeniDAQ). W załączonym sprawozdaniu z badań zdefiniowano stratę ciśnienia badanego tłumika (zgodnie ze szkicem stanowiska zamieszczonym w sprawozdaniach z badań).

Zgodnie z PN EN ISO 7235:2009, p.6.5.2.2. wykonano dwie serie badań, określając:

- ⇒ ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym badanym obiektem $p_{s1(I)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,
- ⇒ ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym kanałem zastępczym $p_{s1(II)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,

a następnie wyznaczono zgodnie z PN-EN ISO 7235:2009 współczynnik strat ciśnienia całkowitego ξ :

$$\xi = \frac{\Delta p_{tot,n}}{p_{dn}}$$

W sprawozdaniu z badań dodatkowo zamieszczono tabelę z uzyskanymi wynikami pomiarów przepływowych.

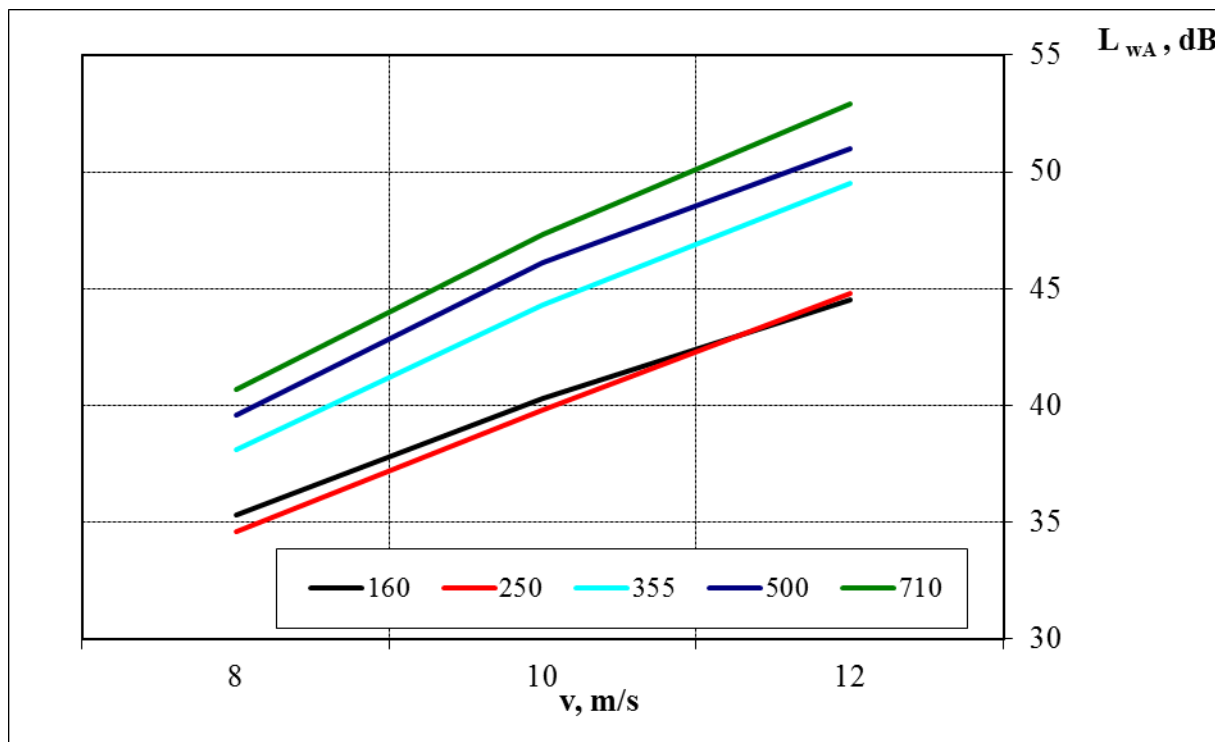
5. Parametry aeroakustyczne badanych tłumików

Tablica 1

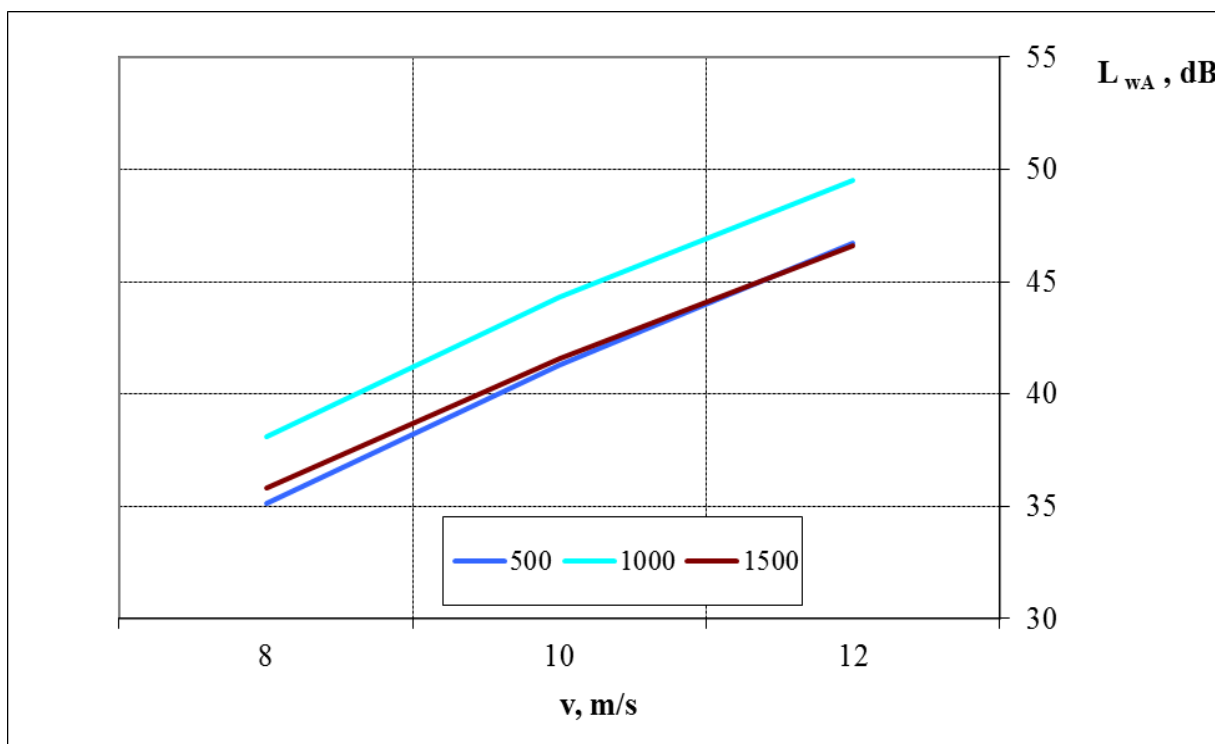
**Wyniki przepływowe i akustyczne tłumików
serii SIL-100**

przepływ [m/s]	średnica przyłącza [mm]	160	250	355			500	710
	długość tłumika [mm]	1000	1000	500	1000	1500	1000	1000
12	straty ciśnienia [Pa]	15,71	9,83	0,03	5,02	3,36	1,04	2,75
10		10,77	9,74	0,46	1,67	1,91	0,31	2,47
8		6,54	4,49	0,04	1,28	0,33	0,35	1,44
	współczynnik strat ξ	0,17	0,13	0	0,04	0,03	0,01	0,03
12	poziom mocy akustycznej szumu własnego tłumika L_{WA} , [dB]	44,5	44,8	46,7	49,5	46,6	51	52,9
10		40,3	39,8	41,3	44,3	41,6	46,1	47,3
8		35,3	34,6	35,1	38,1	35,8	39,6	40,7
4		26,5	24,8	24,7	25,5	25,4	25,6	28,2
2		22,4	22	25,5	26,2	25,2	24,8	25,6
12	tłumienie wtrącenia D_{IA} , [dB]	28,7	17,4	8,3	14,0	17,4	9,5	6,0
10		28,3	17,3	8,3	14,2	17,6	9,8	6,3
8		27,8	17,4	8,4	14,4	17,7	10,0	6,5
4		27,5	17,4	8,6	14,5	17,9	10,6	7,1
2		27,3	17,5	8,7	14,7	17,9	10,7	7,1

W zacienionych polach górna granica dla poziomu mocy akustycznej szumu przepływu badanych tłumików.



Rys. 1. Poziom mocy akustycznej szumu własnego tłumików o długości 1000 mm w zależności od wielkości przepływającego czynnika.



Rys. 2 Poziom mocy akustycznej szumu własnego tłumików SIL-100-355 o różnych długościach w zależności od wielkości przepływającego czynnika.

	Tytuł pracy: Określenie parametrów aeroakustycznych tłumików SIL-100.	Strona: 7 Stron: 7
---	---	---------------------------

Literatura:

1. PN-EN ISO 3471:2010 „Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metody dokładne w komorach pogłosowych”.
2. PN-EN ISO 7235:2009 „Akustyka. Metody laboratoryjne pomiaru tłumików kanałowych oraz elementów końcowych. Tłumienie wtrącenia, hałas przepływu i strata ciśnienia całkowitego”.
3. PN-EN ISO 5801:2008 „Wentylatory przemysłowe – Badanie charakterystyk działania na stanowiskach znormalizowanych”.



SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013

Badanie aeroakustyczne tłumika

SIL-100-500-1000

Miejsce wykonania badań: Laboratorium OTC

Data udostępnienia obiektu do badań: 31.07.2013

Data wykonania badań: 10.09.2013 ÷ 12.09.2013

Data wydania sprawozdania z badań: 06.12.2013

stron: 14

rys: 8

tablic: 11

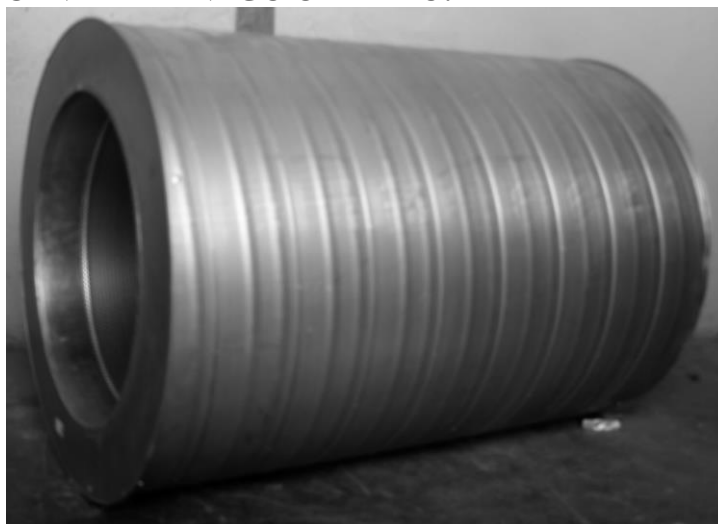
Nazwa i adres Zamawiającego:

ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
Aleja Krakowska 10
05-552 Wola Mrokowa

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013	strona: 2 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000	
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620	

ZAMAWIAJĄCY: ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
05-552 Wola Mrokowska, Aleja Krakowska 10.

1. DANE TECHNICZNE BADANEGO OBIEKTU:



Rys. 1.: Badany tłumik

Nazwa/typ	SIL-100-500-1000	
Długość	mm	1000
Średnica przyłącza	mm	500
Pole przekroju wlotowego	m ²	0,1963
Pole przekroju swobodnego	m ²	0,1963

2. METODA BADAWCZA I APARATURA POMIAROWA:

Zastosowana metoda pomiaru: metoda pomiaru w komorze pogłosowej zgodnie z normami PN-EN ISO 7235:2009 „Akustyka. Metody laboratoryjne pomiaru tłumików kanałowych oraz elementów końcowych. Tłumienie wtrącenia, hałas przepływu i strata ciśnienia całkowitego”.

PN-EN ISO 3741:2010 „Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metody dokładne w komorach pogłosowych”.

Sposób wyznaczenia poziomu ciśnienia akustycznego: metoda pomiaru w punktach, rozłożonych równomiernie, na okrężnym torze pomiarowym o długości obwodu 10 m.

Pomiary tła: pomiaru dokonywano w tych samych punktach, w których wykonano pomiary właściwe.

Sposób wyznaczenia strumienia objętości: zgodnie z normą PN-EN ISO 5801:2008 „Wentylatory przemysłowe – Badanie charakterystyk działania na stanowiskach znormalizowanych”.

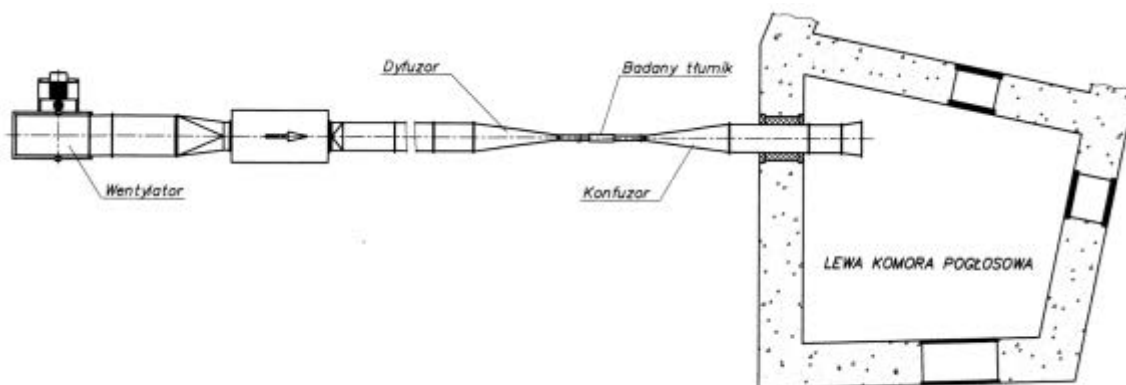
Sposób wyznaczenia współczynnika strat ciśnienia: za pomocą przetwornika mierzono różnice ciśnień przed i za badanym tłumikiem (oraz przed i za kanałem zastępczym). Wartości różnicy ciśnień były zbierane i zapisywane z użyciem programu GeniDAQ.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013		strona: 3 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000		
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620		

Aparatura pomiarowa:

Nazwa		Typ	Producent	Nr fab.	Data ważności świadczenia wzorcowania / sprawdzenia
Zestaw pomiarowy 2144/07/ kanał A	analizator	2144	Brüel & Kjær	1765615	01.2014
	mikrofon	4942	Brüel & Kjær	2647435	
	przedwzmacniacz	2669	Brüel & Kjær	1936057	
Tor głośnikowy	zestaw głośników 8Ω	zestaw specjalny	Tonsil S.A	–	–
	generator szumu	NRG-201	RFT	21180	10.2015
	wzmacniacz mocy	WS 703	Fonica	688276	10.2015
	wzmacniacz pomiarowy	2610	Brüel & Kjær	1146588	05.2015
Kalibrator akustyczny		4231	Brüel & Kjær	2686649	08.2015
Termohigrometr		HD2717T.D0	DeltaOHM	11032846	01.2014
Barometr		HD 9908T	Delta OHM	11002854	02.2014
Czujnik termometru rezystancyjnego		TP-964-1-300	Czaki Thermo- -Product	R063969	-
Ramię obrotowe mikrofonu		3923	Brüel & Kjær	02307038	–
Źródło mocy akustycznej		4205	Brüel & Kjær	1775038	02.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		IPA-01	ZAP S.A.	00050193	12.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		HD404T	Delta OHM	10035709	02.2014
Sonda Prandtla		T2 - 600	Delta OHM	–	-
Stacja akwizycji danych		SAD-ADAM	ITC	02/2006	–
Komputer PC z programem GeniDAQ		PC	–	–	–

3. STANOWISKO BADAWCZE I WARUNKI REALIZACJI BADAŃ:



Rys. 2. Schemat stoiska badawczego.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013		strona: 4 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000		
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620		

PARAMETRY STANOWISKA BADAWCZEGO		
Kanał pomiarowy przed tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	17,2
Kanał pomiarowy za tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	5,3
Kanał przejściowy 700x700/Ø500	m	1,2
Kanał pomiarowy Ø500	m	1,25
Częstotliwość graniczna pierwszego modu poprzecznego	Hz	338
Element transmisyjny		
Wymiar poprzeczny 1	mm	700 x 700
Wymiar poprzeczny 2	mm	840 x 840
Długość	mm	500

Tabela 1

Współczynnik odbicia elementu transmisyjnego stanowiska

Współczynnik odbicia r	Częstotliwość środkowa, Hz					
	50	63	80	100	125	>160
	0,75	0,59	0,56	0,50	0,31	0,19

Tabela 2

Tłumienie graniczne D_{gr} stanowiska z badanym tłumikiem

f _{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400
D _{gr} , dB	23,3	27,2	31,1	37,2	40,2	43,3	48,3
f _{sr} , Hz	500	630	800	1000	1250	1600	2000
D _{gr} , dB	46,7	46,1	50,8	54,9	55,1	56,6	57,6
f _{sr} , Hz	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
D _{gr} , dB	58,6	60,9	63,6	63,1	50,4	57,8	61,7

KOMORA POGŁOSOWA		
Objętość V	m ³	237
Całkowita powierzchnia przegród S	m ²	231,5
Płaszczyzny ograniczające komorę	Wszystkie płaszczyzny nierównoległe	
Elementy rozpraszające	Dyfuzor	

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013										strona: 5 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000										
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620										

Tablica 3

Czas pogłosu T komory

10.09.2013	f_{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T, s	5,60	4,50	4,63	4,75	5,25	5,24	5,05	4,91	4,68	4,51	4,47
	δ_M	0,78	0,29	0,33	0,23	0,21	0,25	0,14	0,08	0,10	0,06	0,05
	f_{sr} , Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T, s	4,06	3,72	3,62	3,41	3,09	2,68	2,19	1,74	1,31	0,96	
	δ_M	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	

W powyższej tablicy (Tabela 3) zastosowano oznaczenia:

T – wyznaczony czas pogłosu komory Laboratorium Aeroakustyki ITC z wyprowadzonym wylotem stanowiska badawczego,

$U_{A,95}$ – niepewność rozszerzona pomiaru typu A, wyznaczona metodą t-Studenta dla współczynnika rozszerzenia $t_{95\%}=2,201$, v_{eff} stopni swobody i poziomu ufności $p=95\%$.

Dla całego zakresu pomiarowego czas pogłosu **T** jest zgodny¹ według kryterium normy PN-EN ISO 3741:2011.

Tablica 4

Warunki środowiskowe

		10.09.2013		12.09.2013	
		przed pomiarem	po pomiarze	przed pomiarem	po pomiarze
temperatura	°C	18,5	18,8	16,7	17,8
wilgotność	%	60,8	57,3	63,0	54,6
ciśnienie atmosferyczne	hPa	991,0	990,0	988,0	988,0

Kalibracja toru pomiarowego zestaw pomiarowy był kalibrowany przed pomiarem i po jego zakończeniu kalibratorem akustycznym (wg świadectwa wzorcowania $L_{pref}=(94,08\pm 0,09)$ dB w warunkach odniesienia, tj. przy temperaturze 23°C i dla ciśnienia 1013,25 hPa, wilgotność względna 50%).

Data	Zestaw pomiarowy	Przed pomiarami		Po pomiarach	
		$L_{p\ ref}$	Poprawka kalibracyjna	$L_{p\ ref}$	Poprawka kalibracyjna
dd.mm.yyyy	–	dB			
10.09.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,45	94,08	0,44
12.09.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,45	94,08	0,42

¹ Z wyłączeniem częstotliwości 10 000 Hz dla której jest mniejszy o 0 06 s.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013	strona: 6 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000	
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620	

4. POMIARY AEROAKUSTYCZNE TŁUMIKA:

4.1 TŁUMIENIE WTRĄCENIA:

Wartości tłumienia obliczono wg zależności:

$D_i = L_{WI} - L_{WII}$; gdzie:

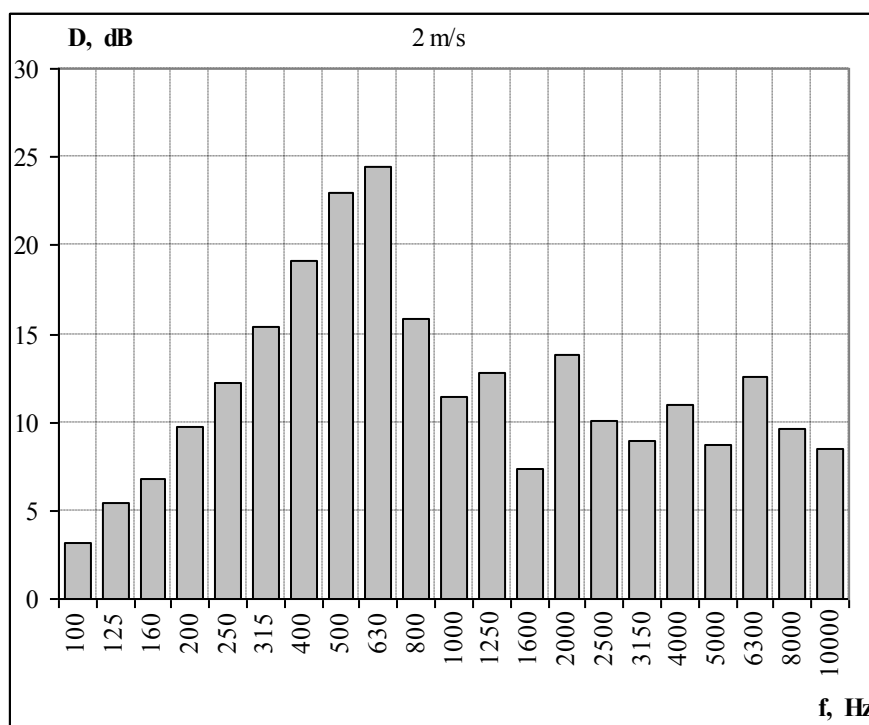
L_{WI} – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z kanałem zastępczym, dB,

L_{WII} – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z badanym tłumikiem, dB.

Tablica 5

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-500-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=2\text{m/s}$**

f	L_{WI}	L_{WII}	D_i
Hz	dB		
100	71,7	74,8	3,1
125	73,8	79,3	5,5
160	77,8	84,6	6,8
200	75,0	84,8	9,8
250	73,0	85,3	12,3
315	69,0	84,3	15,4
400	66,4	85,5	19,1
500	69,6	92,6	23,0
630	67,3	91,8	24,5
800	75,1	91,0	15,9
1000	83,7	95,1	11,4
1250	80,9	93,7	12,8
1600	84,4	91,8	7,4
2000	74,2	88,0	13,8
2500	80,0	90,1	10,1
3150	81,8	90,8	8,9
4000	81,8	92,8	11,0
5000	85,2	93,9	8,7
6300	80,3	92,9	12,6
8000	83,2	92,9	9,7
10000	80,3	88,8	8,5
D_{iA}, dB	10,7		



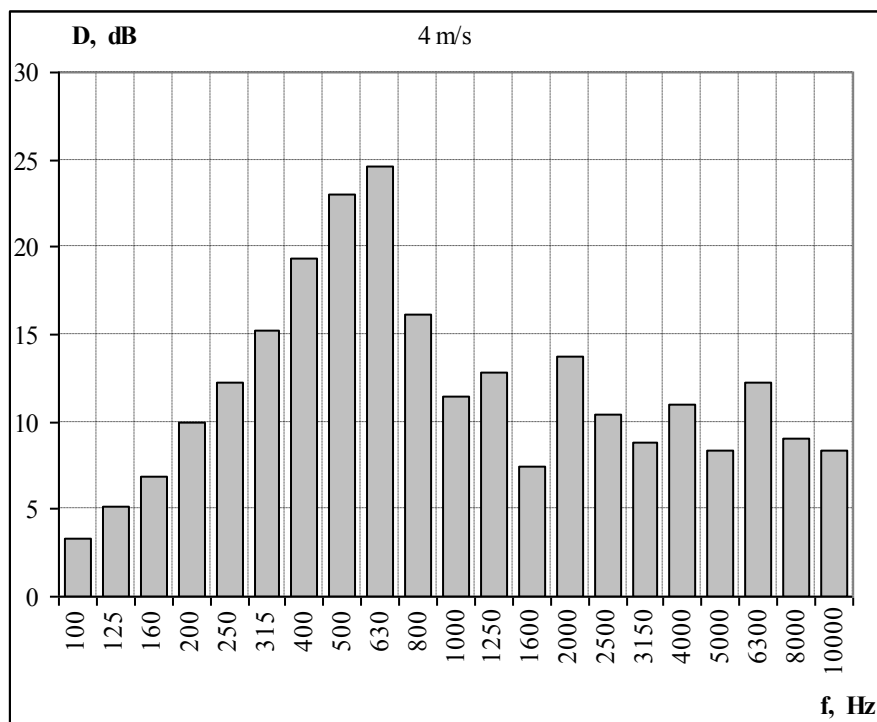
Rys. 3. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=2\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013		strona: 7 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000		
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620		

Tablica 6

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-500-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=4\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WII}	D _i
Hz	dB		
100	71,4	74,7	3,3
125	73,9	79,0	5,1
160	77,7	84,6	6,9
200	74,8	84,9	10,0
250	73,1	85,3	12,2
315	69,1	84,3	15,3
400	66,3	85,7	19,4
500	69,6	92,6	23,1
630	67,2	91,9	24,7
800	74,9	91,1	16,1
1000	83,7	95,2	11,5
1250	80,9	93,8	12,8
1600	84,4	91,8	7,5
2000	74,1	87,9	13,7
2500	79,9	90,2	10,4
3150	82,0	90,8	8,8
4000	81,8	92,8	11,0
5000	85,6	93,9	8,3
6300	80,9	93,2	12,3
8000	84,0	93,1	9,1
10000	80,8	89,2	8,3
D_{iA}, dB	10,6		



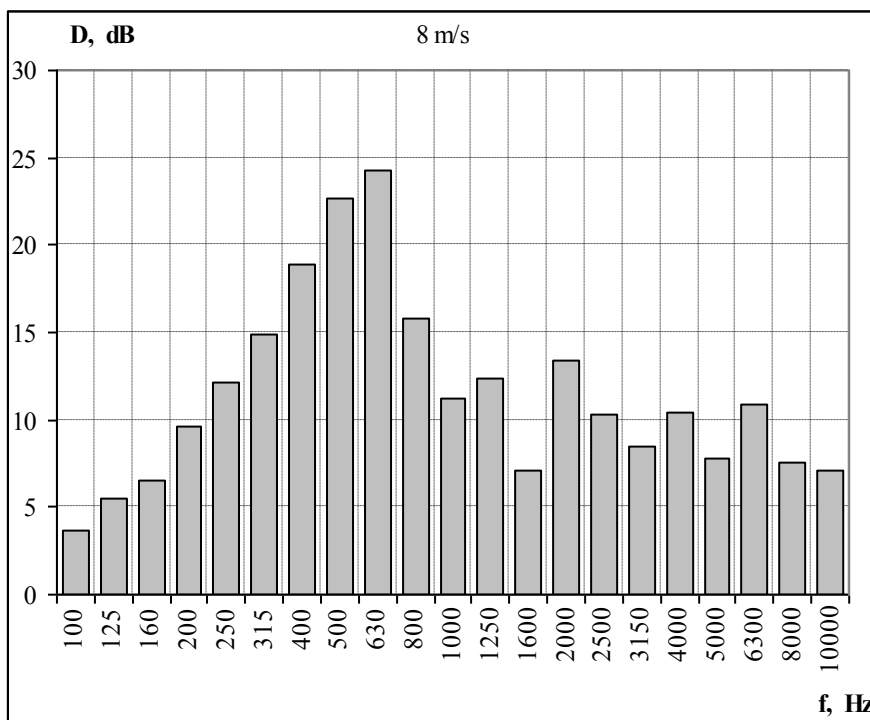
Rys. 4. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=4\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013		strona: 8 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000		
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620		

Tablica 7

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-500-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=8\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	71,1	74,8	3,7
125	73,6	79,2	5,5
160	78,1	84,6	6,5
200	75,1	84,8	9,7
250	73,2	85,3	12,1
315	69,3	84,2	14,9
400	66,8	85,6	18,9
500	69,9	92,6	22,7
630	67,6	91,9	24,3
800	75,2	91,1	15,9
1000	84,0	95,2	11,2
1250	81,4	93,8	12,4
1600	84,8	91,9	7,1
2000	74,4	87,9	13,4
2500	80,3	90,6	10,3
3150	82,4	90,8	8,4
4000	82,3	92,7	10,4
5000	86,3	94,1	7,7
6300	82,2	93,1	10,9
8000	85,4	93,0	7,6
10000	82,2	89,3	7,1
D_{iA}, dB	10,0		



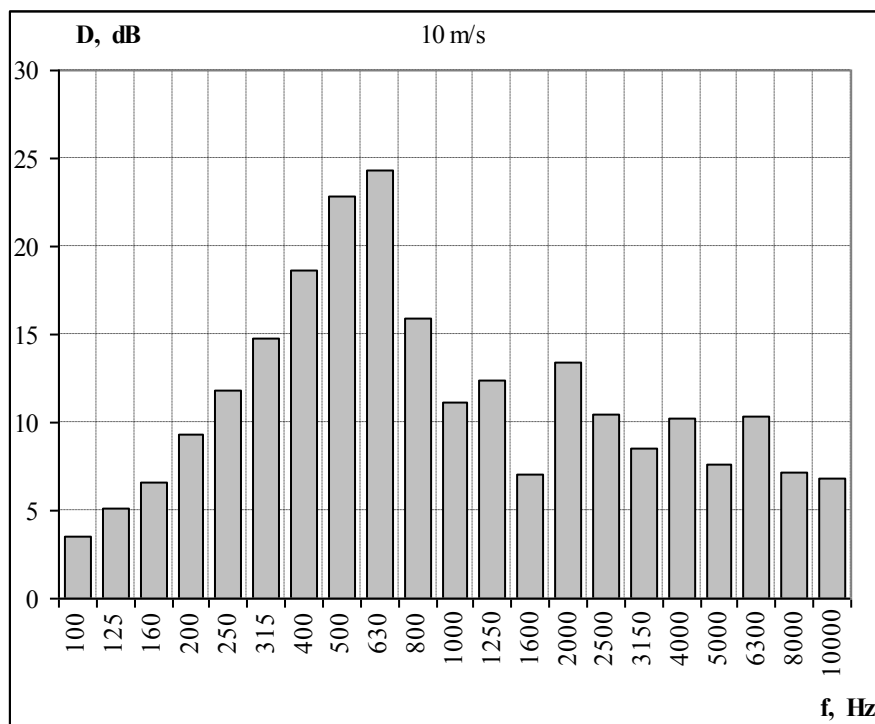
Rys. 5. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=8\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013		strona: 9 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000		
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620		

Tablica 8

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-500-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=10\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	71,3	74,8	3,5
125	74,1	79,2	5,1
160	78,1	84,6	6,6
200	75,3	84,6	9,3
250	73,4	85,1	11,8
315	69,6	84,3	14,7
400	67,0	85,6	18,6
500	69,9	92,7	22,8
630	67,8	92,1	24,3
800	75,3	91,2	15,9
1000	84,2	95,3	11,1
1250	81,5	93,9	12,4
1600	84,9	92,0	7,1
2000	74,4	87,8	13,4
2500	80,2	90,7	10,5
3150	82,4	90,8	8,5
4000	82,5	92,7	10,3
5000	86,5	94,1	7,6
6300	82,8	93,1	10,3
8000	86,0	93,1	7,1
10000	82,7	89,5	6,8
D_{iA}, dB	9,8		



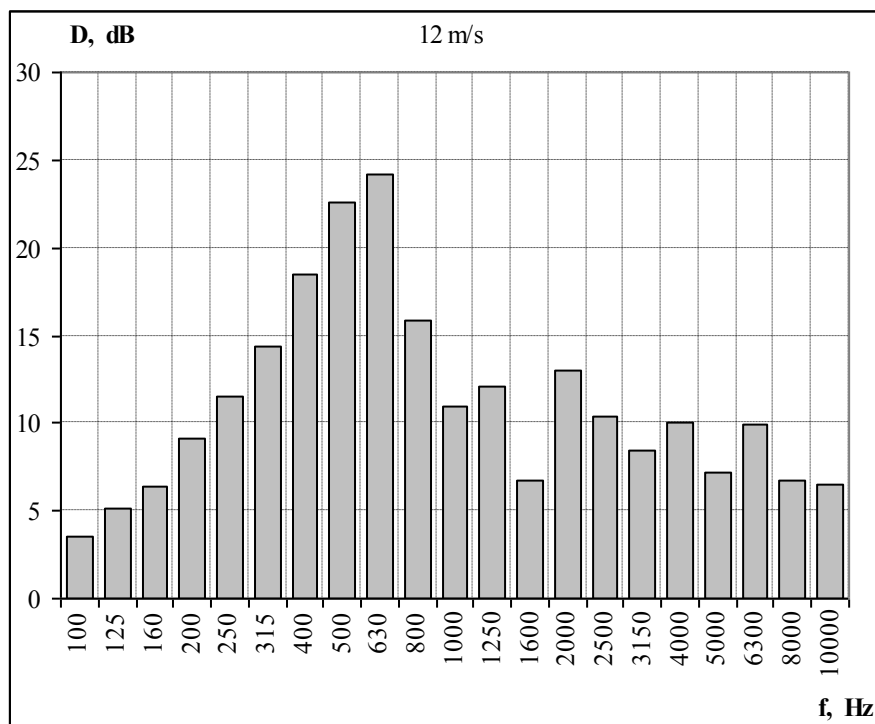
Rys. 6. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=10\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013		strona: 10 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000		
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620		

Tablica 9

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-500-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=12\text{m/s}$**

f	L_{WI}	L_{WII}	D_i
Hz	dB		
100	71,4	74,9	3,5
125	74,0	79,2	5,1
160	78,2	84,6	6,4
200	75,4	84,6	9,2
250	73,6	85,1	11,6
315	69,8	84,1	14,4
400	67,1	85,6	18,5
500	70,1	92,6	22,5
630	68,1	92,2	24,2
800	75,4	91,3	15,8
1000	84,3	95,3	11,0
1250	81,7	93,8	12,1
1600	85,0	91,7	6,7
2000	74,4	87,5	13,0
2500	80,1	90,4	10,4
3150	82,5	90,9	8,4
4000	82,7	92,7	10,0
5000	86,9	94,1	7,2
6300	83,4	93,3	9,9
8000	86,7	93,4	6,7
10000	83,2	89,7	6,5
D_{iA}, dB	9,5		



Rys. 7. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=12\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013										strona: 11 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000										
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620										

4.2 SZUM WŁASNY:

Poziom mocy akustycznej przepływu (szumu własnego) w tłumiku obliczono wg zależności:

$$L_W = \overline{L}_p + D_{td} + C, \text{ gdzie:}$$

$\overline{L}_p$ – energetycznie uśredniony poziom ciśnienia akustycznego (bez korekty na tło), dB,

D_{td} – tłumienie przenoszenia na końcu kanału przyłączonego do komory pogłosowej; dla stanowiska badawczego ITC $D_{td}=0$ dB,

C – różnica poziomów mocy akustycznej promieniowanej do komory pogłosowej oraz uśrednionego ciśnienia akustycznego w komorze pogłosowej, dB.

Tablica 10

Poziom mocy akustycznej przepływu tłumika SIL-100-500-1000

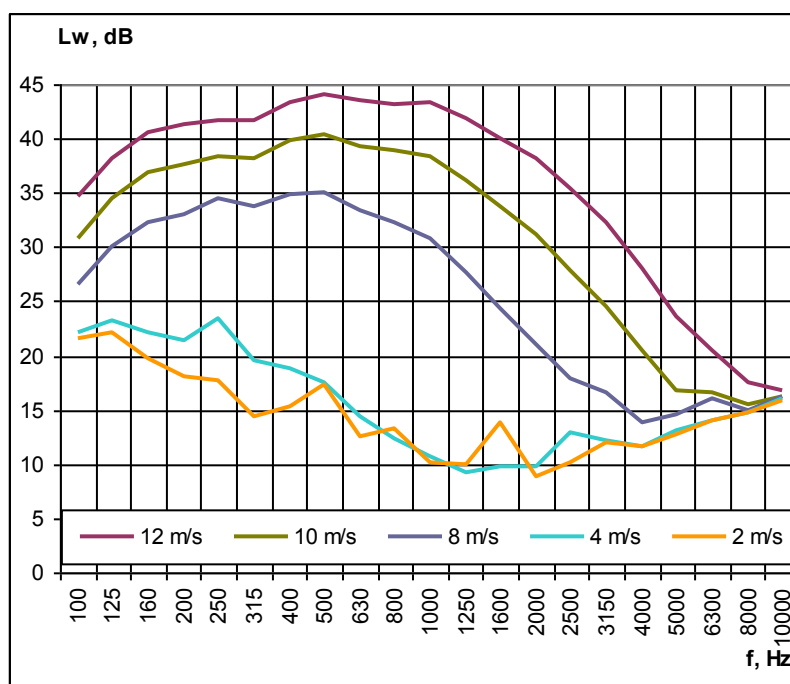
f, Hz	Prędkość w przekroju wlotowym tłumika														
	v=2, m/s			v=4m/s			v=8m/s			v=10 m/s			v=12m/s		
	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W
	dB														
100	17,6	3,9	21,5	18,3	3,9	22,2	22,7	3,9	26,6	27,0	3,9	30,8	30,7	3,9	34,6
125	17,6	4,6	22,2	18,7	4,6	23,3	25,5	4,6	30,1	30,0	4,6	34,5	33,6	4,6	38,2
160	15,5	4,2	19,7	18,0	4,2	22,2	28,0	4,2	32,2	32,6	4,2	36,8	36,3	4,2	40,5
200	14,2	3,9	18,1	17,5	3,9	21,5	29,0	3,9	33,0	33,7	3,9	37,6	37,4	3,9	41,3
250	14,3	3,3	17,7	20,1	3,3	23,4	31,1	3,3	34,4	35,0	3,3	38,3	38,4	3,3	41,7
315	11,2	3,2	14,4	16,3	3,2	19,5	30,5	3,2	33,7	35,0	3,2	38,2	38,5	3,2	41,7
400	12,0	3,3	15,3	15,5	3,3	18,7	31,6	3,3	34,9	36,6	3,3	39,8	40,2	3,3	43,4
500	14,0	3,3	17,3	14,2	3,3	17,5	31,7	3,3	35,0	37,0	3,3	40,3	40,8	3,3	44,1
630	9,0	3,5	12,5	10,8	3,5	14,3	30,0	3,5	33,4	35,8	3,5	39,3	40,0	3,5	43,4
800	9,6	3,6	13,2	8,8	3,6	12,4	28,7	3,6	32,3	35,3	3,6	38,8	39,6	3,6	43,1
1000	6,5	3,7	10,1	7,1	3,7	10,7	27,2	3,7	30,9	34,7	3,7	38,4	39,7	3,7	43,4
1250	5,9	4,0	9,9	5,3	4,0	9,3	23,7	4,0	27,7	32,1	4,0	36,1	37,8	4,0	41,8
1600	9,4	4,3	13,8	5,5	4,3	9,8	19,9	4,3	24,3	29,4	4,3	33,7	35,7	4,3	40,0
2000	4,5	4,4	8,9	5,4	4,4	9,8	16,6	4,4	21,0	26,7	4,4	31,2	33,7	4,4	38,1
2500	5,5	4,7	10,2	8,1	4,7	12,8	13,2	4,7	17,9	23,2	4,7	27,8	30,7	4,7	35,4
3150	6,8	5,1	12,0	7,0	5,1	12,1	11,4	5,1	16,6	19,5	5,1	24,6	27,1	5,1	32,3
4000	5,8	5,8	11,6	5,9	5,8	11,7	8,1	5,8	13,8	14,7	5,8	20,5	22,3	5,8	28,1
5000	6,0	6,7	12,7	6,5	6,7	13,2	7,8	6,7	14,5	10,1	6,7	16,8	17,0	6,7	23,6
6300	6,2	7,8	13,9	6,2	7,8	14,0	8,3	7,8	16,1	8,7	7,8	16,5	12,6	7,8	20,4
8000	5,7	9,1	14,8	5,7	9,1	14,8	5,8	9,1	14,9	6,3	9,1	15,4	8,3	9,1	17,5
10000	5,2	10,7	15,9	5,3	10,7	16,0	5,5	10,7	16,2	5,5	10,7	16,2	6,1	10,7	16,8
L_{WA}	24,8 ²			25,6 ²			39,6			46,1			51,0		

² Górna granica poziomu mocy akustycznej

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013	strona: 12 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000	
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620	

Zgodnie p. 8.1.4 PN-EN ISO 3741:2010 określono poziom mocy szumu przepływu w tłumiku z uwzględnieniem wszystkich pasm pomiarowych oraz z pominięciem pasm, dla których różnica pomiędzy poziomem hałasu przepływu i poziomem tła akustycznego jest mniejsza niż 10 dB.

Jeżeli różnica pomiędzy poziomami mocy akustycznej wyznaczona obydwoma metodami nie przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że **poziom mocy określono zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010**. Jeśli ta różnica przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że wyznaczony **poziom mocy akustycznej jest określony zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010 i reprezentuje górną granicę dla poziomu mocy akustycznej szumu przepływu badanego tłumika**.



Rys. 8.: Widmo poziomu mocy akustycznej tłumika SIL-100-500-1000

4.3 WSPÓŁCZYNNIK STRAT CIŚNIENIA:

Profil prędkości w kanałach pomiarowych przed badanym tłumikiem spełniał wymagania normy PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2.1 średnią prędkość czynnika na wlocie badanego tłumika v_f wyznaczono na podstawie pomiaru w kanale pomiarowym przed tłumikiem.

Zgodnie z PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2 wykonano dwie serie badań:

- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym badanym obiektem $p_{s1(I)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,
- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym kanałem zastępczym $p_{s1(II)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,

określając współczynnik strat ciśnienia całkowitego ζ .

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013		strona: 13 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000		
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620		

Tablica 11

Straty ciśnienia w tłumiku								
Lp.	wartości założone		wartości rzeczywiste					ζ
	v_f m/s	q_v m ³ /s	v_f m/s	q_v m ³ /s	$p_{t(\text{tłumika})}$ Pa	$p_{t(\text{kanalu})}$ Pa	Δp_{tot} Pa	
1	12,0	2,3556	12,0	2,3601	122,97	121,93	1,04	0,01
2	10,0	1,9630	9,9	1,9517	83,67	83,37	0,31	
3	8,0	1,5704	8,0	1,5669	54,41	54,07	0,35	
4	4,0	0,7852	4,0	0,7874	13,62	13,80	-	
5	2,0	0,3926	2,0	0,4006	3,21	3,42	-	

W powyższej tablicy zastosowano oznaczenia:

- v_f – prędkość przed badanym obiektem (jest równoważna prędkości w tłumiku), m/s,
 q_v – strumień objętości, m³/s,
 $p_{t(\text{tłumika})}$ – ciśnienie całkowite w tłumiku, Pa,
 $p_{t(\text{kanalu})}$ – ciśnienie całkowite w kanale, Pa,
 Δp_{tot} – strata ciśnienia całkowitego, Pa.

Zgodnie z p. 6.5.2.1 wykonano pomiary dla pięciu różnych strumieni objętości przepływu. Do określenia współczynnika strat ciśnienia całkowitego ζ wzięto pod uwagę tylko te wartości strumienia przepływu, które wywołały różnicę ciśnienia większą, niż 10Pa. Jeżeli różnica ciśnień była mniejsza lub równa 10Pa, nie określano również straty ciśnienia całkowitego Δp_{tot} .

4. NIEPEWNOŚĆ POMIARU:

Zgodnie z normą PN-EN ISO 7235:2009 Tablica 7 przyjęto, że górne wartości odchylenia standartowego odtwarzalności σ_R wyznaczonych poziomów mocy akustycznej badanego tłumika wynoszą:

f, Hz	σ_R , dB
100	1,5
125÷500	1
630÷1250	2
1600÷10000	3

W trakcie realizacji badań Laboratorium przestrzegało procedury pomiarowej zgodnej z normą PN-EN ISO 7235:2009, spełniając warunek wymagany dokumentem EA-04/16 „Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych”.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 01/2013	strona: 14 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-500-1000	
	Załącznik nr 1 do sprawozdania 8620	

Inne informacje dotyczące badania:

- Ponieważ własności akustyczne zastosowanych przejść nie mogą być pominięte, tłumienie wtrącenia dotyczy badanego tłumika z zastosowanymi przejściami.
- Ustawienie parametrów przepływowych zostało wykonane zgodnie z najlepszą dostępną techniką, z zachowaniem wymagań normy PN-EN ISO 5801:2008. Prezentowane wyniki odnoszą się do wartości prędkości przepływu strumienia powietrza, uzyskanych w trakcie pomiarów i nie wpływają na wyznaczone wartości tłumienia wtrącenia oraz poziomu mocy akustycznej szumu własnego przepływu badanego tłumika.

Badania wykonał:
J. Jaworski

.....

Laboratorium oświadcza, że wyniki badania odnoszą się wyłącznie do badanego tłumika SIL-100-500-1000, wybranego i dostarczonego przez Zleceniodawcę. Bez pisemnej zgody Laboratorium niniejsze sprawozdanie nie może być powielane inaczej jak tylko w całości.



SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013

Badanie aeroakustyczne tłumika

SIL-100-710-1000

Miejsce wykonania badań: Laboratorium OTC

Data udostępnienia obiektu do badań: 31.07.2013

Data wykonania badań: 18.09.2013 ÷ 23.09.2013

Data wydania sprawozdania z badań: 06.12.2013

stron: 14

rys: 8

tablic: 11

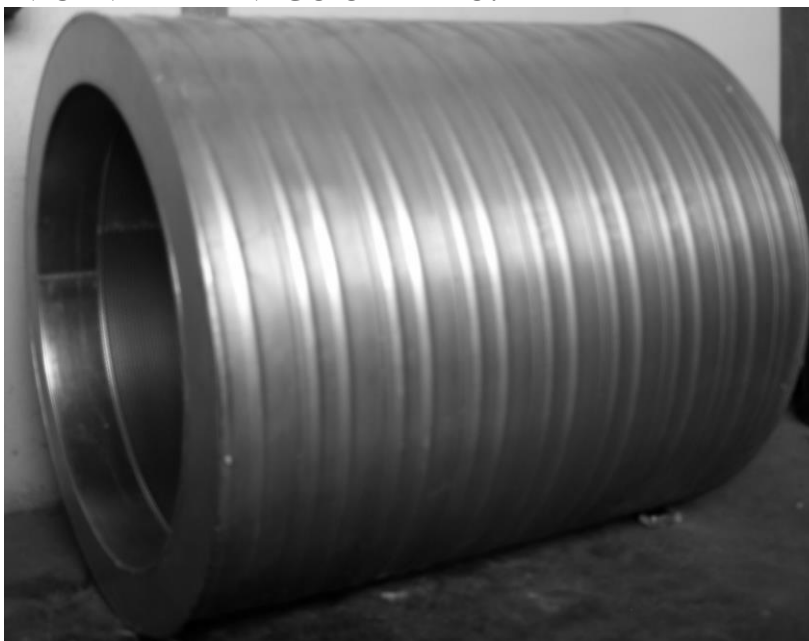
Nazwa i adres Zamawiającego:

ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
Aleja Krakowska 10
05-552 Wola Mrokwoska

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013	strona: 2 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000	
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620	

ZAMAWIAJĄCY: ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
05-552 Wola Mrokowska, Aleja Krakowska 10.

1. DANE TECHNICZNE BADANEGO OBIEKTU:



Rys. 1.: Badany tłumik

Nazwa/typ	SIL-100-710-1000	
Długość	mm	1000
Średnica przyłącza	mm	710
Pole przekroju wlotowego	m ²	0,3959
Pole przekroju swobodnego	m ²	0,3959

2. METODA BADAWCZA I APARATURA POMIAROWA:

Zastosowana metoda pomiaru: metoda pomiaru w komorze pogłosowej zgodnie z normami PN-EN ISO 7235:2009 „Akustyka. Metody laboratoryjne pomiaru tłumików kanałowych oraz elementów końcowych. Tłumienie wtrącenia, hałas przepływu i strata ciśnienia całkowitego”.

PN-EN ISO 3741:2010 „Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metody dokładne w komorach pogłosowych”.

Sposób wyznaczenia poziomu ciśnienia akustycznego: metoda pomiaru w punktach, rozłożonych równomiernie, na okrężnym torze pomiarowym o długości obwodu 10 m.

Pomiary tła: pomiaru dokonywano w tych samych punktach, w których wykonano pomiary właściwe.

Sposób wyznaczenia strumienia objętości: zgodnie z normą PN-EN ISO 5801:2008 „Wentylatory przemysłowe – Badanie charakterystyk działania na stanowiskach znormalizowanych”.

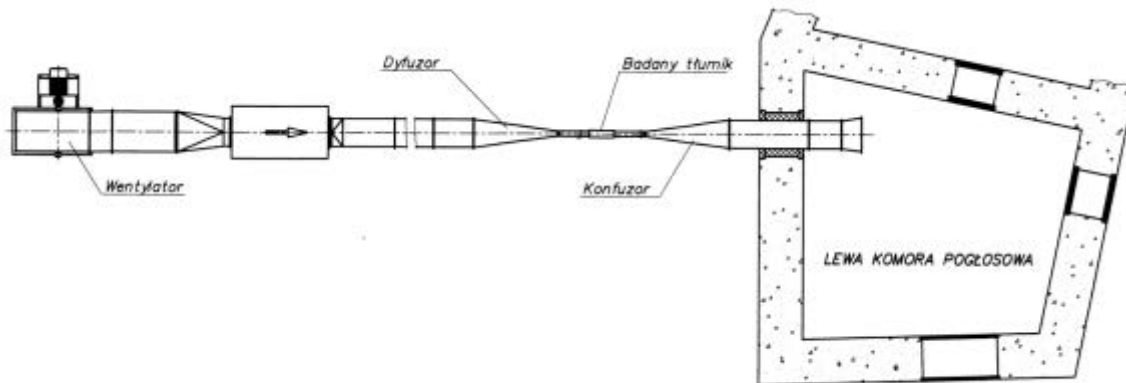
ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013		strona: 3 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000		
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620		

Sposób wyznaczenia współczynnika strat ciśnienia: za pomocą przetwornika mierzono różnice ciśnień przed i za badanym tłumikiem (oraz przed i za kanałem zastępczym). Wartości różnicy ciśnień były zbierane i zapisywane z użyciem programu GeniDAQ.

Aparatura pomiarowa:

Nazwa		Typ	Producent	Nr fab.	Data ważności świadczenia wzorcowania / sprawdzenia
Zestaw pomiarowy 2144/07/ kanał A	analizator	2144	Brüel & Kjær	1765615	01.2014
	mikrofon	4942	Brüel & Kjær	2647435	
	przedwzmacniacz	2669	Brüel & Kjær	1936057	
Tor głośnikowy	zestaw głośników 8Ω	zestaw specjalny	Tonsil S.A	—	—
	generator szumu	NRG-201	RFT	21180	10.2015
	wzmacniacz mocy	WS 703	Fonica	688276	10.2015
	wzmacniacz pomiarowy	2610	Brüel & Kjær	1146588	05.2015
Kalibrator akustyczny		4231	Brüel & Kjær	2686649	08.2015
Termohigrometr		HD2717T.D0	DeltaOHM	11032846	01.2014
Barometr		HD 9908T	Delta OHM	11002854	02.2014
Czujnik termometru rezystancyjnego		TP-964-1-300	Czaki Thermo- -Product	R063969	-
Ramię obrotowe mikrofonu		3923	Brüel & Kjær	02307038	—
Źródło mocy akustycznej		4205	Brüel & Kjær	1775038	02.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		IPA-01	ZAP S.A.	00050193	12.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		HD404T	Delta OHM	10035709	02.2014
Sonda Prandtla		T2 - 600	Delta OHM	—	-
Stacja akwizycji danych		SAD-ADAM	ITC	02/2006	—
Komputer PC z programem GeniDAQ		PC	—	—	—

3. STANOWISKO BADAWCZE I WARUNKI REALIZACJI BADAŃ:



Rys. 2. Schemat stoiska badawczego.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013		strona: 4 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000		
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620		

PARAMETRY STANOWISKA BADAWCZEGO		
Kanał pomiarowy przed tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	18,4
Kanał pomiarowy za tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	6,3
Kanał przejściowy 700x700/Ø710	m	0,36
Częstotliwość graniczna pierwszego modu poprzecznego	Hz	338
Element transmisyjny		
Wymiar poprzeczny 1	mm	700 x 700
Wymiar poprzeczny 2	mm	840 x 840
Długość	mm	500

Tablica 1

Współczynnik odbicia elementu transmisyjnego stanowiska

Współczynnik odbicia r	Częstotliwość środkowa, Hz					
	50	63	80	100	125	>160
	0,75	0,59	0,56	0,50	0,31	0,19

Tablica 2

Tłumienie graniczne D_{gr} stanowiska z badanym tłumikiem

f _{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400
D _{gr} , dB	23,9	33,6	36,1	38,9	41,6	45,1	50,2
f _{sr} , Hz	500	630	800	1000	1250	1600	2000
D _{gr} , dB	46,6	48,6	53,5	55,8	58,3	60,1	61,4
f _{sr} , Hz	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
D _{gr} , dB	65,1	67,5	66,7	63,1	52,5	59,7	60,4

KOMORA POGŁOSOWA		
Objętość V	m ³	237
Całkowita powierzchnia przegród S	m ²	231,5
Płaszczyzny ograniczające komorę	Wszystkie płaszczyzny nierównoległe	
Elementy rozpraszające	Dyfuzor	

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013										strona: 5 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000										
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620										

Tablica 3

Czas pogłosu T komory

10.09.2013	f_{sr}, Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T, s	4,67	4,09	4,01	4,20	4,61	4,52	4,38	4,41	4,29	4,21	4,06
	δ _M	0,81	0,41	0,17	0,25	0,28	0,16	0,17	0,12	0,08	0,05	0,07
	f_{sr}, Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T, s	3,89	3,45	3,41	3,16	2,88	2,44	2,04	1,64	1,24	0,91	
	δ _M	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	

W powyższej tablicy (Tabela 3) zastosowano oznaczenia:

T – wyznaczony czas pogłosu komory Laboratorium Aeroakustyki ITC z wyprowadzonym wylotem stanowiska badawczego,

U_{A,95} – niepewność rozszerzona pomiaru typu A, wyznaczona metodą t-Studenta dla współczynnika rozszerzenia t_{95%}=2,201, v_{eff} stopni swobody i poziomu ufności p=95%.

Dla całego zakresu pomiarowego czas pogłosu **T** jest zgodny¹ według kryterium normy PN-EN ISO 3741:2011.

Tablica 4

Warunki środowiskowe

		18.09.2013		23.09.2013	
		przed pomiarem	po pomiarze	przed pomiarem	po pomiarze
temperatura	°C	14,1	15,3	16,5	16,4
wilgotność	%	72,9	63,0	73,7	71,5
ciśnienie atmosferyczne	hPa	975,0	974,0	986,0	986,0

Kalibracja toru pomiarowego zestaw pomiarowy był kalibrowany przed pomiarem i po jego zakończeniu kalibratorem akustycznym (wg świadectwa wzorcowania L_{p ref} =(94,08±0,09) dB w warunkach odniesienia, tj. przy temperaturze 23°C i dla ciśnienia 1013,25 hPa, wilgotność względna 50%).

Data	Zestaw pomiarowy	Przed pomiarami		Po pomiarach	
		L _{p ref}	Poprawka kalibracyjna	L _{p ref}	Poprawka kalibracyjna
dd.mm.yyyy	–	dB			
18.09.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,45	94,08	0,41
23.09.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,43	94,08	0,40

¹ Z wyłączeniem częstotliwości 10 000 Hz dla której jest mniejszy o 0 11 s.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013	strona: 6 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000	
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620	

4. POMIARY AEROAKUSTYCZNE TŁUMIKA:

4.1 TŁUMIENIE WTRĄCENIA:

Wartości tłumienia obliczono wg zależności:

$D_i = L_{WI} - L_{WII}$; gdzie:

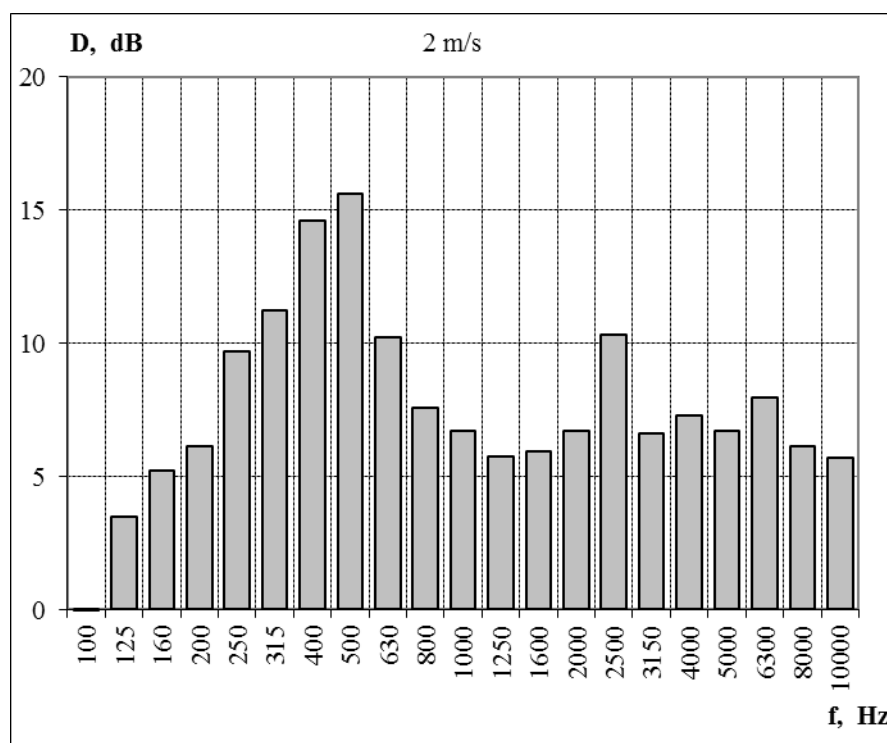
L_{WI} – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z kanałem zastępczym, dB,

L_{WII} – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z badanym tłumikiem, dB.

Tablica 5

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-710-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=2\text{m/s}$**

f	L_{WI}	L_{WII}	D_i
Hz	dB		
100	74,6	74,6	0,0
125	75,9	79,4	3,5
160	79,6	84,8	5,2
200	78,3	84,4	6,1
250	76,5	86,1	9,7
315	73,0	84,3	11,2
400	70,7	85,3	14,6
500	76,6	92,2	15,6
630	83,7	93,9	10,2
800	86,1	93,7	7,6
1000	88,6	95,3	6,7
1250	88,4	94,1	5,8
1600	86,6	92,5	5,9
2000	82,8	89,5	6,7
2500	83,2	93,5	10,3
3150	87,2	93,8	6,6
4000	87,2	94,5	7,3
5000	88,3	95,0	6,7
6300	85,9	93,8	8,0
8000	88,0	94,1	6,1
10000	84,7	90,4	5,7
D_{iA}, dB	7,1		



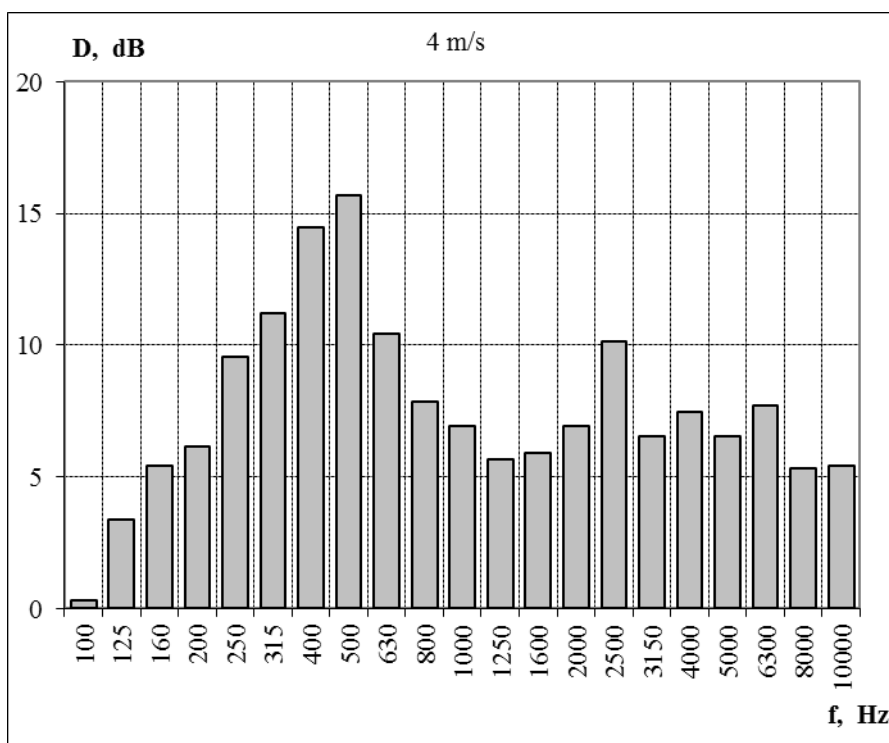
Rys. 3. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=2\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013		strona: 7 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000		
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620		

Tablica 6

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-710-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=4\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WII}	D _i
Hz	dB		
100	74,4	74,7	0,3
125	75,9	79,3	3,4
160	79,5	85,0	5,4
200	78,1	84,3	6,2
250	76,6	86,2	9,6
315	73,0	84,2	11,2
400	71,0	85,5	14,5
500	76,8	92,5	15,7
630	83,6	94,1	10,4
800	86,0	93,8	7,8
1000	88,7	95,6	6,9
1250	88,6	94,3	5,6
1600	86,8	92,7	5,9
2000	82,8	89,7	6,9
2500	83,5	93,7	10,2
3150	87,3	93,8	6,6
4000	87,1	94,5	7,5
5000	88,5	95,1	6,5
6300	86,3	94,0	7,7
8000	88,8	94,1	5,3
10000	85,2	90,7	5,4
D_{iA}, dB	7,1		



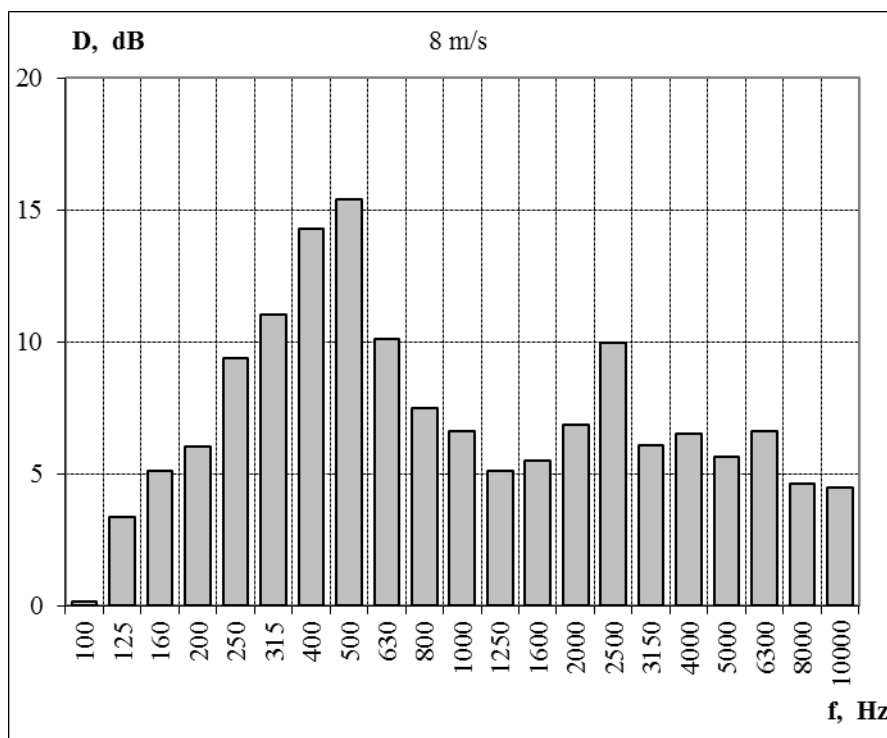
Rys. 4. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=4\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013		strona: 8 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000		
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620		

Tablica 7

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-710-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=8\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	74,1	74,3	0,2
125	75,9	79,3	3,4
160	79,7	84,8	5,1
200	78,2	84,2	6,0
250	76,7	86,1	9,4
315	73,2	84,3	11,0
400	71,2	85,4	14,3
500	77,1	92,5	15,4
630	84,0	94,1	10,1
800	86,5	94,0	7,5
1000	89,1	95,8	6,6
1250	89,1	94,2	5,1
1600	87,3	92,8	5,5
2000	82,8	89,7	6,9
2500	83,6	93,6	10,0
3150	87,9	94,0	6,1
4000	88,0	94,5	6,5
5000	89,6	95,2	5,7
6300	87,6	94,2	6,6
8000	89,8	94,4	4,6
10000	86,5	91,0	4,5
D_{iA}, dB	6,5		



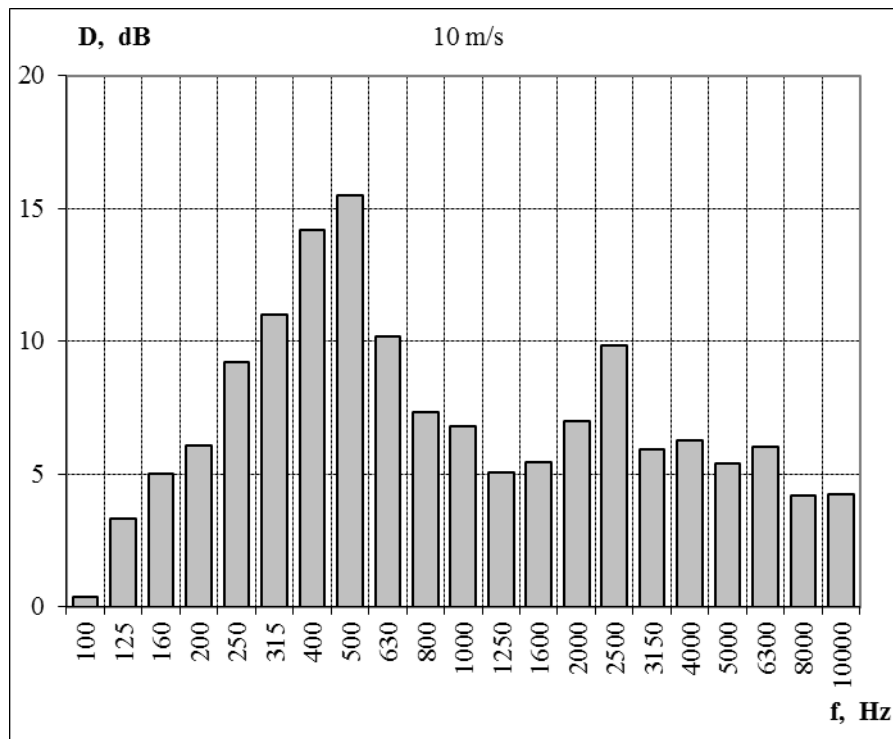
Rys. 5. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=8\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013		strona: 9 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000		
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620		

Tablica 8

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-710-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=10\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WH}	D _i
Hz	dB		
100	73,9	74,3	0,4
125	75,8	79,1	3,3
160	79,8	84,8	5,0
200	78,2	84,3	6,1
250	76,8	86,0	9,2
315	73,3	84,3	11,0
400	71,2	85,4	14,2
500	77,1	92,6	15,5
630	84,0	94,2	10,2
800	86,7	94,0	7,4
1000	89,2	96,0	6,8
1250	89,1	94,2	5,1
1600	87,3	92,8	5,5
2000	82,8	89,8	7,0
2500	83,8	93,6	9,9
3150	88,2	94,1	5,9
4000	88,3	94,6	6,2
5000	90,0	95,4	5,4
6300	88,4	94,5	6,1
8000	90,5	94,7	4,2
10000	87,2	91,5	4,2
D_{iA}, dB	6,3		



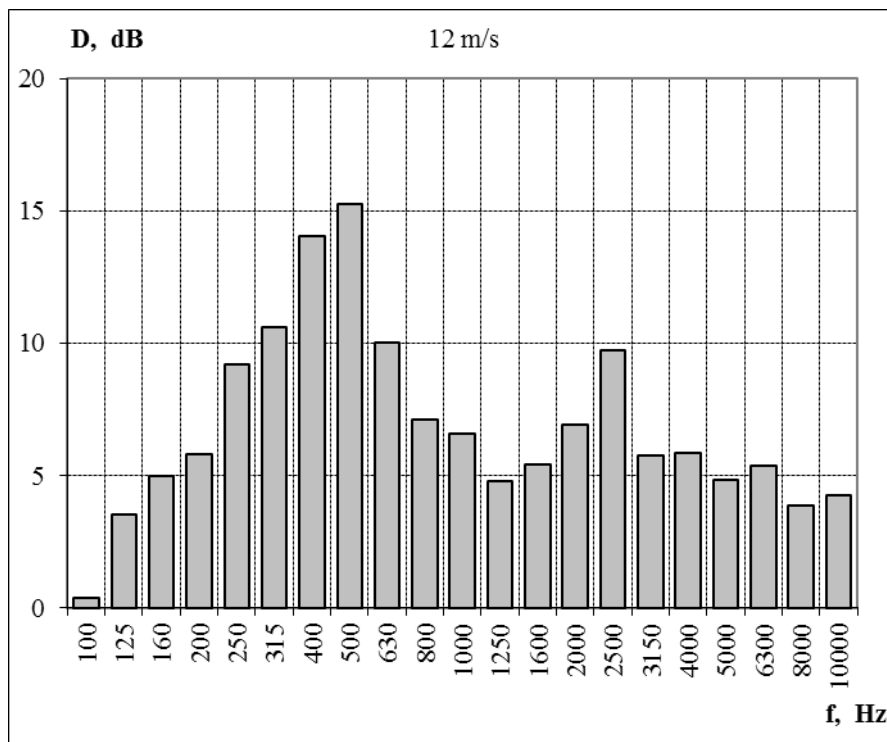
Rys. 6. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=10\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013		strona: 10 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000		
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620		

Tablica 9

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-710-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=12\text{m/s}$**

f	L_{WI}	L_{WH}	D_i
Hz	dB		
100	74,2	74,6	0,4
125	75,6	79,1	3,5
160	80,0	85,0	5,0
200	78,5	84,4	5,8
250	77,0	86,2	9,2
315	73,7	84,3	10,6
400	71,4	85,5	14,1
500	77,4	92,7	15,2
630	84,4	94,4	10,0
800	87,0	94,1	7,1
1000	89,6	96,2	6,6
1250	89,3	94,1	4,8
1600	87,3	92,7	5,4
2000	83,0	89,9	6,9
2500	84,0	93,8	9,7
3150	88,6	94,4	5,8
4000	88,9	94,7	5,8
5000	90,8	95,6	4,8
6300	89,6	94,9	5,4
8000	91,2	95,0	3,9
10000	87,6	91,8	4,3
D_{iA} , dB	6,0		



Rys. 7. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=12\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013										strona: 11 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000										
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620										

4.2 SZUM WŁASNY:

Poziom mocy akustycznej przepływu (szumu własnego) w tłumiku obliczono wg zależności:

$$L_W = \overline{L}_p + D_{td} + C, \text{ gdzie:}$$

$\overline{L}_p$ – energetycznie uśredniony poziom ciśnienia akustycznego (bez korekty na tło), dB,

D_{td} – tłumienie przenoszenia na końcu kanału przyłączonego do komory pogłosowej; dla stanowiska badawczego ITC $D_{td}=0$ dB,

C – różnica poziomów mocy akustycznej promieniowanej do komory pogłosowej oraz uśrednionego ciśnienia akustycznego w komorze pogłosowej, dB.

Tablica 10

Poziom mocy akustycznej przepływu tłumika SIL-100-710-1000

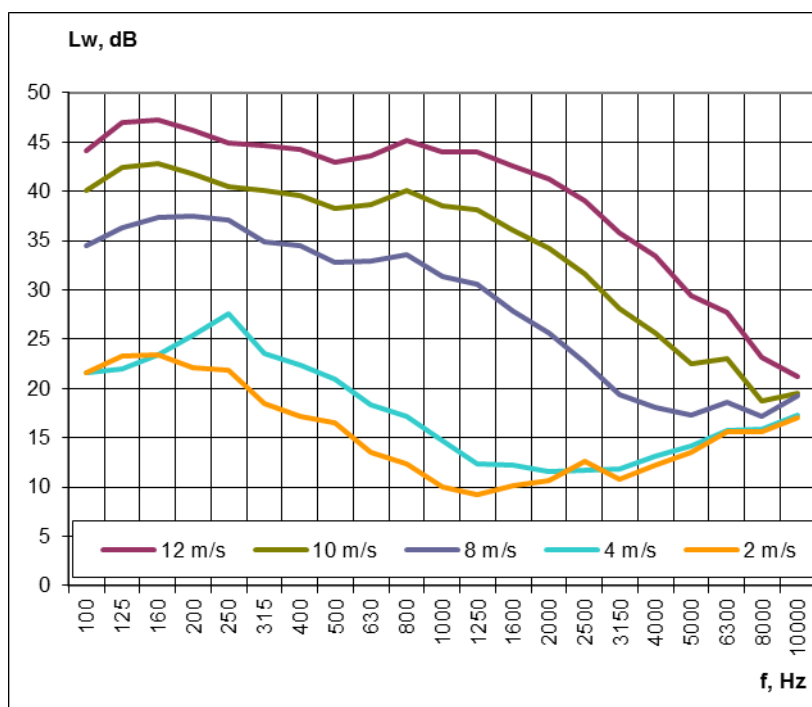
f, Hz	Prędkość w przekroju wlotowym tłumika														
	v=2, m/s			v=4m/s			v=8m/s			v=10 m/s			v=12m/s		
	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W
	dB														
100	16,8	4,8	21,7	16,8	4,8	21,6	29,7	4,8	34,5	35,3	4,8	40,1	39,4	4,8	44,2
125	18,2	5,1	23,3	16,9	5,1	22,0	31,2	5,1	36,4	37,3	5,1	42,5	41,8	5,1	47,0
160	18,4	5,0	23,4	18,5	5,0	23,5	32,4	5,0	37,3	37,9	5,0	42,8	42,3	5,0	47,2
200	17,5	4,6	22,1	20,8	4,6	25,4	32,9	4,6	37,5	37,2	4,6	41,8	41,6	4,6	46,2
250	17,8	4,0	21,9	23,6	4,0	27,6	33,1	4,0	37,1	36,5	4,0	40,5	40,8	4,0	44,9
315	14,5	4,0	18,5	19,5	4,0	23,5	30,9	4,0	34,9	36,1	4,0	40,1	40,6	4,0	44,6
400	13,1	4,0	17,2	18,3	4,0	22,4	30,5	4,0	34,5	35,6	4,0	39,6	40,3	4,0	44,3
500	12,6	3,9	16,5	17,0	3,9	20,9	28,9	3,9	32,8	34,4	3,9	38,3	39,0	3,9	42,9
630	9,5	4,0	13,5	14,4	4,0	18,4	29,0	4,0	32,9	34,7	4,0	38,7	39,6	4,0	43,6
800	8,3	4,0	12,3	13,2	4,0	17,2	29,6	4,0	33,6	36,1	4,0	40,1	41,2	4,0	45,2
1000	5,9	4,1	10,0	10,5	4,1	14,7	27,3	4,1	31,4	34,4	4,1	38,5	39,9	4,1	44,0
1250	4,9	4,3	9,2	8,1	4,3	12,4	26,3	4,3	30,5	33,9	4,3	38,1	39,8	4,3	44,1
1600	5,4	4,8	10,2	7,5	4,8	12,3	23,1	4,8	27,9	31,3	4,8	36,1	37,8	4,8	42,6
2000	5,9	4,8	10,7	6,8	4,8	11,6	20,8	4,8	25,6	29,5	4,8	34,3	36,4	4,8	41,2
2500	7,5	5,2	12,7	6,5	5,2	11,7	17,5	5,2	22,6	26,5	5,2	31,7	33,9	5,2	39,0
3150	5,2	5,6	10,8	6,3	5,6	11,9	13,9	5,6	19,4	22,5	5,6	28,1	30,3	5,6	35,8
4000	5,9	6,3	12,2	6,9	6,3	13,2	11,8	6,3	18,1	19,4	6,3	25,7	27,1	6,3	33,4
5000	6,4	7,1	13,5	7,0	7,1	14,2	10,2	7,1	17,4	15,4	7,1	22,5	22,3	7,1	29,4
6300	7,4	8,2	15,6	7,6	8,2	15,8	10,4	8,2	18,6	14,9	8,2	23,0	19,6	8,2	27,8
8000	6,1	9,5	15,6	6,4	9,5	15,9	7,6	9,5	17,1	9,2	9,5	18,7	13,7	9,5	23,2
10000	6,0	11,1	17,1	6,3	11,1	17,4	8,2	11,1	19,3	8,4	11,1	19,5	10,1	11,1	21,2
L_{WA}	25,6 ²			28,2 ²			40,7			47,3			52,9		

² Górna granica poziomu mocy akustycznej

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013	strona: 12 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000	
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620	

Zgodnie p. 8.1.4 PN-EN ISO 3741:2010 określono poziom mocy szumu przepływu w tłumiku z uwzględnieniem wszystkich pasm pomiarowych oraz z pominięciem pasm, dla których różnica pomiędzy poziomem hałasu przepływu i poziomem tła akustycznego jest mniejsza niż 10 dB.

Jeżeli różnica pomiędzy poziomami mocy akustycznej wyznaczona obydwoma metodami nie przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że **poziom mocy określono zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010**. Jeśli ta różnica przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że wyznaczony **poziom mocy akustycznej jest określony zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010 i reprezentuje górną granicę dla poziomu mocy akustycznej szumu przepływu badanego tłumika**.



Rys. 8.: Widmo poziomu mocy akustycznej tłumika SIL-100-710-1000

4.3 WSPÓŁCZYNNIK STRAT CIŚNIENIA:

Profil prędkości w kanałach pomiarowych przed badanym tłumikiem spełniał wymagania normy PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2.1 średnią prędkość czynnika na wlocie badanego tłumika v_f wyznaczono na podstawie pomiaru w kanale pomiarowym przed tłumikiem.

Zgodnie z PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2 wykonano dwie serie badań:

- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym badanym obiektem $p_{s1(I)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,
- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym kanałem zastępczym $p_{s1(II)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,

określając współczynnik strat ciśnienia całkowitego ζ .

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013		strona: 13 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000		
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620		

Tablica 11

Straty ciśnienia w tłumiku

Lp.	wartości założone		wartości rzeczywiste					ζ
	v_f	q_v	v_f	q_v	$p_t(\text{tłumika})$	$p_t(\text{kanalu})$	Δp_{tot}	
	m/s	m ³ /s	m/s	m ³ /s	Pa	Pa	Pa	
1	12,0	4,7510	12,0	4,7471	102,15	99,40	2,75	0,03
2	10,0	3,9592	10,0	3,9434	71,13	68,66	-	
3	8,0	3,1674	8,1	3,1951	46,75	45,30	-	
4	4,0	1,5837	4,0	1,5678	12,18	11,42	-	
5	2,0	0,7918	2,0	0,7800	3,87	3,09	-	

W powyższej tablicy zastosowano oznaczenia:

- v_f – prędkość przed badanym obiektem (jest równoważna prędkości w tłumiku), m/s,
 q_v – strumień objętości, m³/s,
 $p_t(\text{tłumika})$ – ciśnienie całkowite w tłumiku, Pa,
 $p_t(\text{kanalu})$ – ciśnienie całkowite w kanale, Pa,
 Δp_{tot} – strata ciśnienia całkowitego, Pa.

Zgodnie z p. 6.5.2.1 wykonano pomiary dla pięciu różnych strumieni objętości przepływu. Do określenia współczynnika strat ciśnienia całkowitego ζ wzięto pod uwagę tylko te wartości strumienia przepływu, które wywołały różnicę ciśnienia większą, niż 10Pa. Jeżeli różnica ciśnień była mniejsza lub równa 10Pa, nie określano również straty ciśnienia całkowitego Δp_{tot} .

4. NIEPEWNOŚĆ POMIARU:

Zgodnie z normą PN-EN ISO 7235:2009 Tablica 7 przyjęto, że górne wartości odchylenia standartowego odtwarzalności σ_R wyznaczonych poziomów mocy akustycznej badanego tłumika wynoszą:

f, Hz	σ_R , dB
100	1,5
125÷500	1
630÷1250	2
1600÷10000	3

W trakcie realizacji badań Laboratorium przestrzegało procedury pomiarowej zgodnej z normą PN-EN ISO 7235:2009, spełniając warunek wymagany dokumentem EA-04/16 „Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych”.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 02/2013	strona: 14 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-710-1000	
	Załącznik nr 2 do sprawozdania 8620	

Inne informacje dotyczące badania:

- Ponieważ własności akustyczne zastosowanych przejść nie mogą być pominięte, tłumienie wtrącenia dotyczy badanego tłumika z zastosowanymi przejściami.
- Ustawienie parametrów przepływowych zostało wykonane zgodnie z najlepszą dostępną techniką, z zachowaniem wymagań normy PN-EN ISO 5801:2008. Prezentowane wyniki odnoszą się do wartości prędkości przepływu strumienia powietrza, uzyskanych w trakcie pomiarów i nie wpływają na wyznaczone wartości tłumienia wtrącenia oraz poziomu mocy akustycznej szumu własnego przepływu badanego tłumika.

Badania wykonał:
J. Jaworski

.....

Laboratorium oświadcza, że wyniki badania odnoszą się wyłącznie do badanego tłumika SIL-100-710-1000, wybranego i dostarczonego przez Zleceniodawcę. Bez pisemnej zgody Laboratorium niniejsze sprawozdanie nie może być powielane inaczej jak tylko w całości.



SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013

Badanie aeroakustyczne tłumika

SIL-100-355-1500

Miejsce wykonania badań: Laboratorium OTC

Data udostępnienia obiektu do badań: 31.07.2013

Data wykonania badań: 01.10.2013 ÷ 04.10.2013

Data wydania sprawozdania z badań: 06.12.2013

stron: 15 rys: 8 tablic: 11

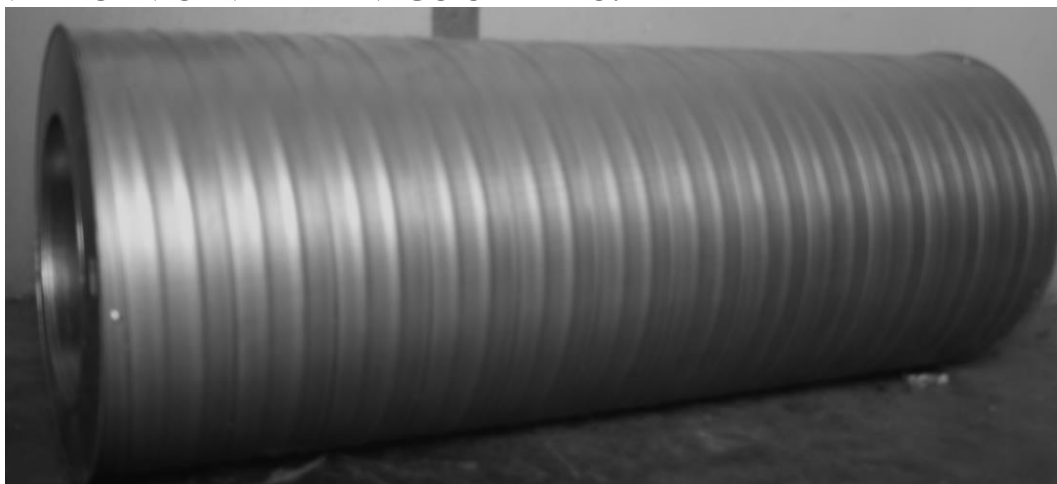
Nazwa i adres Zamawiającego:

ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
Aleja Krakowska 10
05-552 Wola Mrokwiska

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013	strona: 2 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500	
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620	

ZAMAWIAJĄCY: ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
05-552 Wola Mrokowska, Aleja Krakowska 10.

1. DANE TECHNICZNE BADANEGO OBIEKTU:



Rys. 1.: Badany tłumik

Nazwa/typ	SIL-100-355-1500	
Długość	mm	1500
Średnica przyłącza	mm	355
Pole przekroju wlotowego	m ²	0,099
Pole przekroju swobodnego	m ²	0,099

2. METODA BADAWCZA I APARATURA POMIAROWA:

Zastosowana metoda pomiaru: metoda pomiaru w komorze pogłosowej zgodnie z normami PN-EN ISO 7235:2009 „Akustyka. Metody laboratoryjne pomiaru tłumików kanałowych oraz elementów końcowych. Tłumienie wtrącenia, hałas przepływu i strata ciśnienia całkowitego”.

PN-EN ISO 3741:2010 „Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metody dokładne w komorach pogłosowych”.

Sposób wyznaczenia poziomu ciśnienia akustycznego: metoda pomiaru w punktach, rozłożonych równomiernie, na określonym torze pomiarowym o długości obwodu 10 m.

Pomiary tła: pomiaru dokonywano w tych samych punktach, w których wykonano pomiary właściwe.

Sposób wyznaczenia strumienia objętości: zgodnie z normą PN-EN ISO 5801:2008 „Wentylatory przemysłowe – Badanie charakterystyk działania na stanowiskach znormalizowanych”.

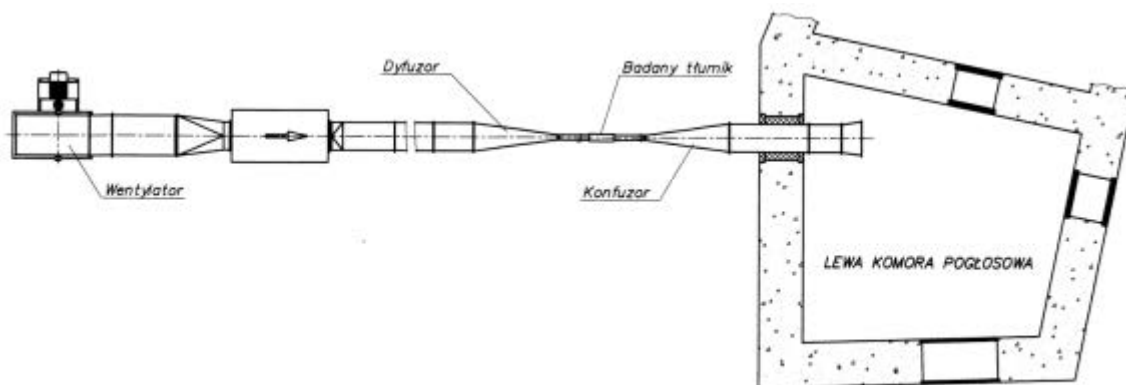
Sposób wyznaczenia współczynnika strat ciśnienia: za pomocą przetwornika mierzono różnice ciśnień przed i za badanym tłumikiem (oraz przed i za kanałem zastępczym). Wartości różnicy ciśnień były zbierane i zapisywane z użyciem programu GeniDAQ.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013		strona: 3 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500		
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620		

Aparatura pomiarowa:

Nazwa		Typ	Producent	Nr fab.	Data ważności świadectwa wzorcowania / sprawdzenia
Zestaw pomiarowy 2144/07/ kanał A	analizator	2144	Brüel & Kjær	1765615	01.2014
	mikrofon	4942	Brüel & Kjær	2647435	
	przedwzmacniacz	2669	Brüel & Kjær	1936057	
Tor głośnikowy	zestaw głośników 8Ω	zestaw specjalny	Tonsil S.A	–	–
	generator szumu	NRG-201	RFT	21180	10.2015
	wzmacniacz mocy	WS 703	Fonica	688276	10.2015
	wzmacniacz pomiarowy	2610	Brüel & Kjær	1146588	05.2015
Kalibrator akustyczny		4231	Brüel & Kjær	2686649	08.2015
Termohigrometr		HD2717T.D0	Delta OHM	11032846	01.2014
Barometr		HD 9908T	Delta OHM	11002854	02.2014
Czujnik termometru rezystancyjnego		TP-964-1-300	Czaki Thermo- -Product	R063969	-
Ramię obrotowe mikrofonu		3923	Brüel & Kjær	02307038	–
Źródło mocy akustycznej		4205	Brüel & Kjær	1775038	02.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		IPA-01	ZAP S.A.	00050193	12.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		HD404T	Delta OHM	10035709	02.2014
Sonda Prandtla		T2 - 600	Delta OHM	–	-
Stacja akwizycji danych		SAD-ADAM	ITC	02/2006	–
Komputer PC z programem GeniDAQ		PC	–	–	–

3. STANOWISKO BADAWCZE I WARUNKI REALIZACJI BADAŃ:



Rys. 2. Schemat stoiska badawczego.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013		strona: 4 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500		
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620		

PARAMETRY STANOWISKA BADAWCZEGO		
Kanał pomiarowy przed tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	17,2
Kanał pomiarowy za tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	5,3
Kanał przejściowy 700x700/Ø355	m	1,43
Kanał pomiarowy Ø355	m	1,0
Częstotliwość graniczna pierwszego modu poprzecznego	Hz	338
Element transmisyjny		
Wymiar poprzeczny 1	mm	700 x 700
Wymiar poprzeczny 2	mm	840 x 840
Długość	mm	500

Tablica 1

Współczynnik odbicia elementu transmisyjnego stanowiska

Współczynnik odbicia r	Częstotliwość środkowa, Hz					
	50	63	80	100	125	>160
	0,75	0,59	0,56	0,50	0,31	0,19

Tablica 2

Tłumienie graniczne D_{gr} stanowiska z badanym tłumikiem

f _{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400
D _{gr} , dB	27,0	29,5	32,3	38,8	43,3	46,6	47,4
f _{sr} , Hz	500	630	800	1000	1250	1600	2000
D _{gr} , dB	44,3	44,2	47,0	49,1	51,5	55,9	51,5
f _{sr} , Hz	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
D _{gr} , dB	50,9	54,9	52,7	52,9	52,5	57,9	55,9

KOMORA POGŁOSOWA		
Objętość V	m ³	237
Całkowita powierzchnia przegród S	m ²	231,5
Płaszczyzny ograniczające komorę	Wszystkie płaszczyzny nierównoległe	
Elementy rozpraszające	Dyfuzor	

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013										strona: 5 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500										
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620										

Tablica 3

Czas pogłosu T komory

01.10.2013	f_{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T, s	5,48	4,43	4,58	4,91	5,34	5,28	5,25	5,13	4,83	4,74	4,58
	δ_M	0,45	0,26	0,21	0,19	0,19	0,13	0,15	0,11	0,10	0,05	0,05
	f_{sr} , Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T, s	4,25	3,76	3,63	3,32	2,92	2,39	1,90	1,43	1,08	0,79	
	δ_M	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	
04.10.2013	f_{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T, s	5,04	4,73	4,46	4,92	5,14	5,37	5,20	5,18	4,80	4,67	4,45
	δ_M	0,53	0,31	0,20	0,24	0,22	0,17	0,15	0,12	0,09	0,05	0,05
	f_{sr} , Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T, s	4,10	3,57	3,37	3,02	2,54	1,98	1,56	1,18	0,88	0,69	
	δ_M	0,05	0,04	0,05	0,03	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	

W powyższej tablicy (Tabela 3) zastosowano oznaczenia:

T – wyznaczony czas pogłosu komory Laboratorium Aeroakustyki ITC z wyprowadzonym wylotem stanowiska badawczego,

$U_{A,95}$ – niepewność rozszerzona pomiaru typu A, wyznaczona metodą t-Studenta dla współczynnika rozszerzenia $t_{95\%}=2,201$, v_{eff} stopni swobody i poziomu ufności $p=95\%$.

Dla całego zakresu pomiarowego czas pogłosu T jest zgodny¹ według kryterium normy PN-EN ISO 3741:2011.

Tablica 4

Warunki środowiskowe

		01.10.2013		02.10.2013		04.10.2013	
		przed pomiarem	po pomiarze	przed pomiarem	po pomiarze	przed pomiarem	po pomiarze
temperatura	°C	12,0	12,2	12,5	12,6	11,3	11,8
wilgotność	%	63,2	56,6	55,0	54,5	44,3	42,9
ciśnienie atmosferyczne	hPa	992	992	1001	1001	1005	1005

¹ Z wyłączeniem częstotliwości (8 000 Hz dla której jest mniejszy o 0,14 s., 10 000 Hz dla której jest mniejszy o 0,33 s. i 0,23 s.)

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013	<i>strona: 6</i> <i>stron: 15</i>
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500	
	<i>Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620</i>	

Kalibracja toru pomiarowego zestaw pomiarowy był kalibrowany przed pomiarem i po jego zakończeniu kalibratorem akustycznym (wg świadectwa wzorcowania $L_{p\text{ref}} = (94,08 \pm 0,09)$ dB w warunkach odniesienia, tj. przy temperaturze 23°C i dla ciśnienia 1013,25 hPa, wilgotność względna 50%).

Data	Zestaw pomiarowy	Przed pomiarami		Po pomiarach	
		$L_{p\text{ref}}$	Poprawka kalibracyjna	$L_{p\text{ref}}$	Poprawka kalibracyjna
dd.mm.yyyy	–	dB			
01.10.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,41	94,08	0,39
02.10.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,44	94,08	0,40
04.10.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,39	94,08	0,40

4. POMIARY AEROAKUSTYCZNE TŁUMIKA:

4.1 TŁUMIENIE WTRĄCENIA:

Wartości tłumienia obliczono wg zależności:

$D_i = L_{W\text{I}} - L_{W\text{II}}$; gdzie:

$L_{W\text{I}}$ – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z kanałem zastępczym, dB,

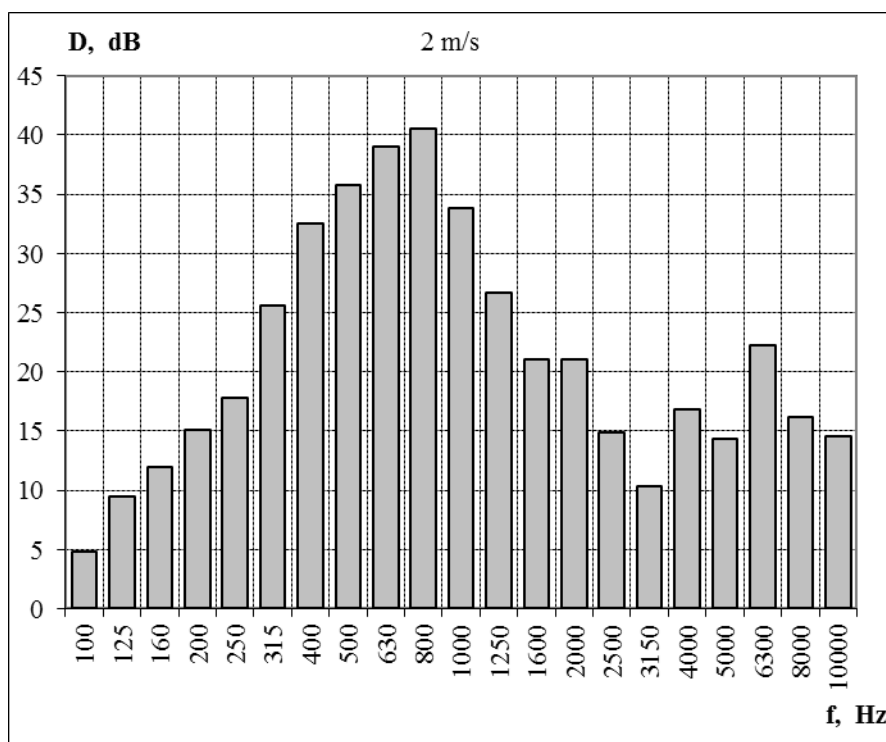
$L_{W\text{II}}$ – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z badanym tłumikiem, dB.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013		strona: 7 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500		
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620		

Tablica 5

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-1500,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=2\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	69,0	73,8	4,8
125	70,2	79,7	9,5
160	72,7	84,6	11,9
200	70,1	85,1	15,1
250	67,5	85,3	17,8
315	58,9	84,4	25,6
400	53,4	85,9	32,5
500	56,8	92,5	35,7
630	53,2	92,2	39,1
800	49,8	90,2	40,5
1000	57,2	91,0	33,8
1250	63,9	90,5	26,6
1600	70,0	91,1	21,0
2000	64,8	85,8	21,1
2500	70,2	85,1	14,8
3150	78,0	88,3	10,3
4000	71,5	88,4	16,8
5000	75,2	89,6	14,4
6300	67,2	89,5	22,3
8000	73,2	89,4	16,2
10000	71,5	86,1	14,6
D_{iA}, dB	17,9		



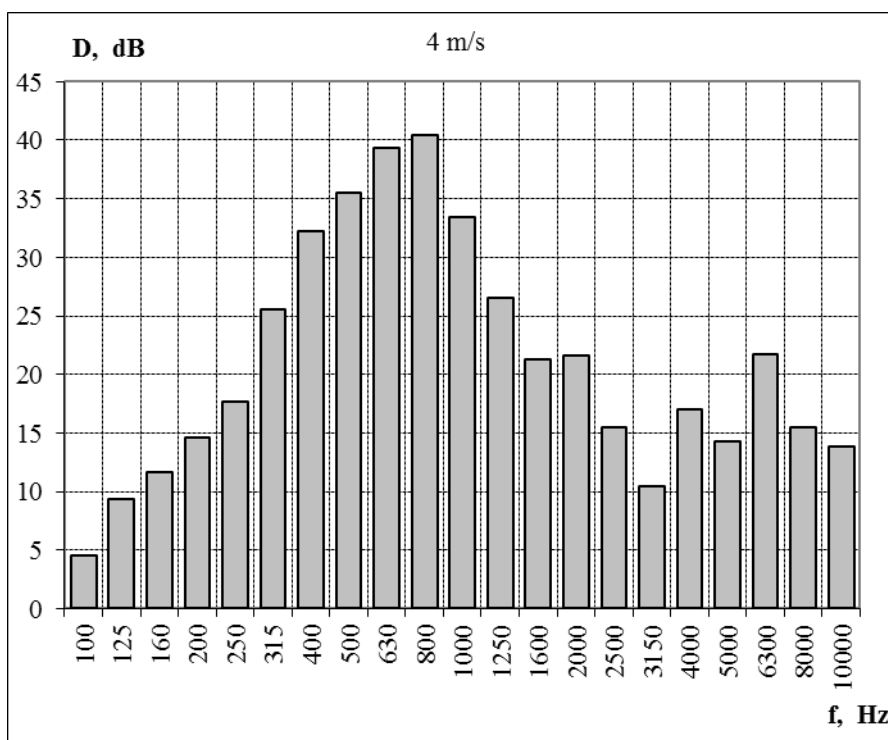
Rys. 3. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=2\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013		strona: 8 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500		
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620		

Tablica 6

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-1500,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=4\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WII}	D _i
Hz	dB		
100	69,0	73,6	4,6
125	70,4	79,7	9,3
160	72,9	84,6	11,7
200	70,4	84,9	14,6
250	67,7	85,4	17,7
315	59,1	84,6	25,5
400	53,6	85,8	32,2
500	57,0	92,5	35,5
630	53,0	92,3	39,3
800	49,9	90,3	40,4
1000	57,6	91,0	33,4
1250	63,9	90,5	26,6
1600	69,9	91,3	21,3
2000	64,5	86,1	21,6
2500	70,0	85,5	15,4
3150	78,1	88,5	10,4
4000	71,5	88,5	17,0
5000	75,4	89,7	14,3
6300	67,6	89,4	21,8
8000	73,9	89,4	15,5
10000	72,3	86,2	13,9
D_{iA}, dB	17,9		



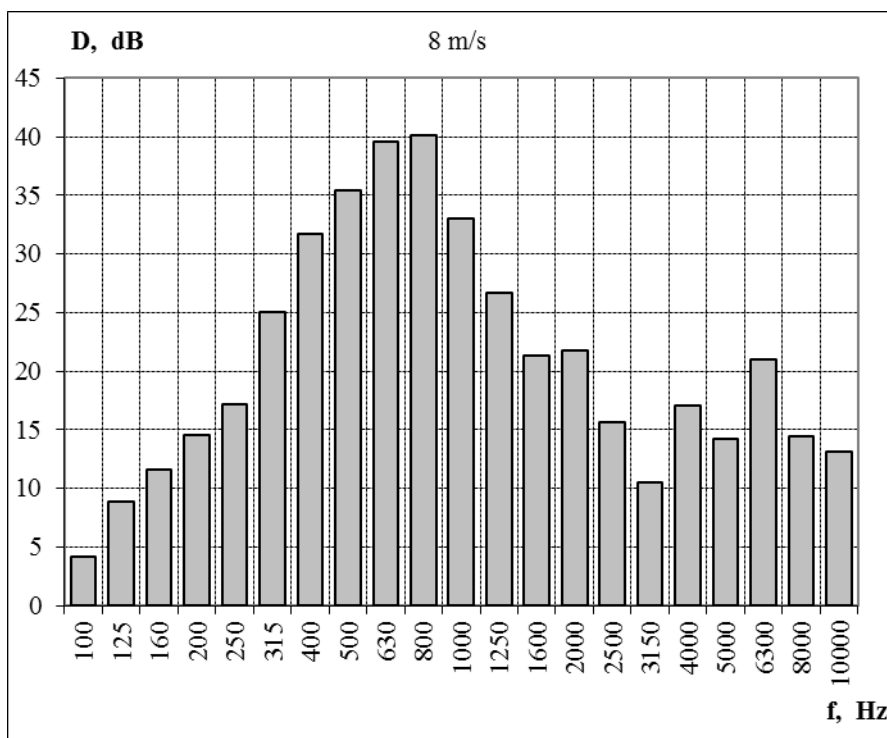
Rys. 4. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=4\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013		strona: 9 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500		
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620		

Tablica 7

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-1500,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=8\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	69,2	73,3	4,2
125	70,8	79,7	8,9
160	72,9	84,5	11,6
200	70,5	85,1	14,6
250	68,0	85,2	17,2
315	59,5	84,6	25,1
400	54,1	85,8	31,7
500	57,0	92,4	35,5
630	52,5	92,1	39,6
800	50,0	90,2	40,1
1000	57,9	90,9	33,0
1250	63,8	90,6	26,7
1600	69,9	91,2	21,3
2000	64,2	86,1	21,8
2500	69,7	85,4	15,7
3150	78,0	88,5	10,5
4000	71,1	88,1	17,1
5000	75,3	89,5	14,2
6300	68,0	88,9	21,0
8000	74,5	89,0	14,5
10000	72,6	85,7	13,2
D_{iA}, dB	17,7		



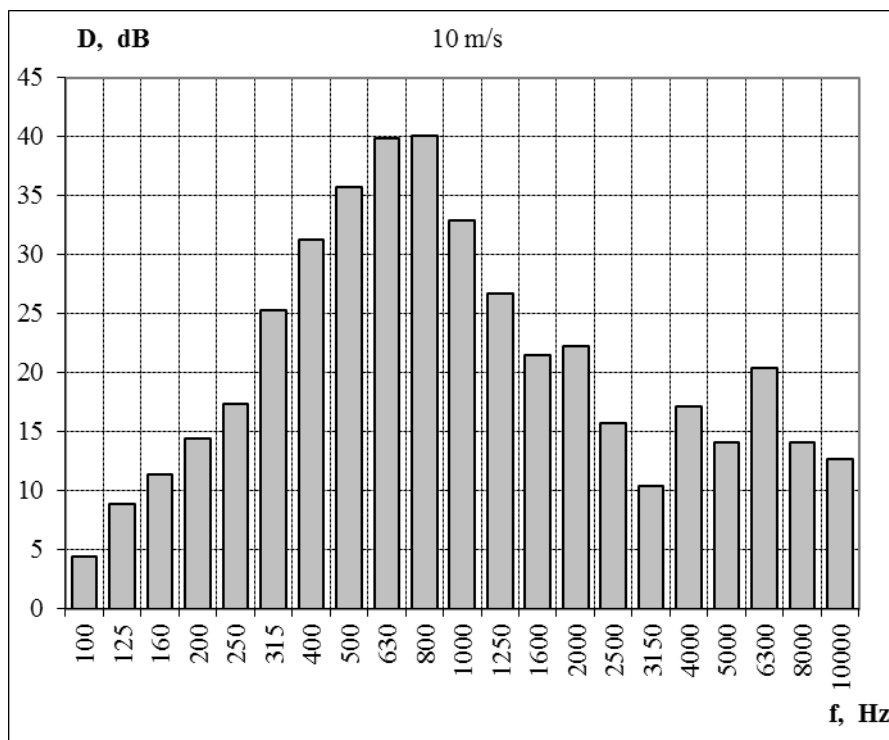
Rys. 5. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=8\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013		strona: 10 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500		
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620		

Tablica 8

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-1500,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=10\text{m/s}$**

f	L _{wl}	L _{wH}	D _i
Hz	dB		
100	69,2	73,6	4,4
125	70,9	79,8	8,9
160	73,1	84,5	11,4
200	70,4	84,8	14,4
250	68,0	85,3	17,3
315	59,4	84,7	25,3
400	54,5	85,7	31,2
500	56,8	92,5	35,7
630	52,3	92,2	39,9
800	50,0	90,2	40,1
1000	58,1	91,0	33,0
1250	63,9	90,6	26,7
1600	69,9	91,4	21,5
2000	64,0	86,2	22,2
2500	69,8	85,5	15,7
3150	78,3	88,7	10,4
4000	71,0	88,2	17,2
5000	75,6	89,6	14,1
6300	68,4	88,9	20,4
8000	74,9	89,1	14,1
10000	73,0	85,7	12,7
D_{iA}, dB	17,6		



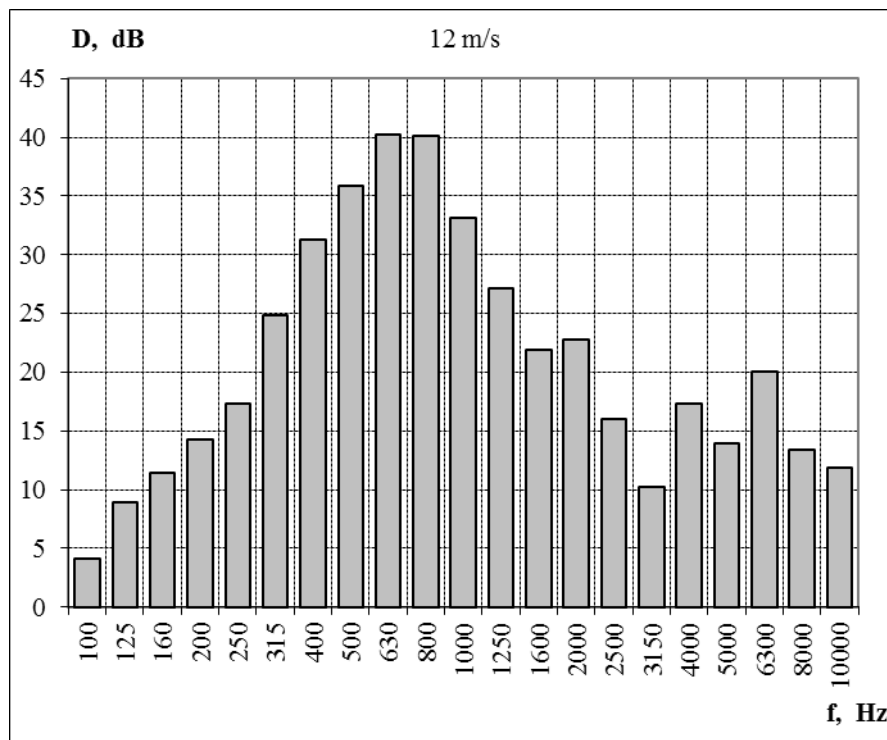
Rys. 6. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=10\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013		strona: 11 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500		
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620		

Tablica 9

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-1500,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=12\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	69,2	73,4	4,2
125	70,9	79,7	8,9
160	73,1	84,5	11,4
200	70,6	84,9	14,3
250	68,1	85,4	17,3
315	59,6	84,5	24,9
400	54,4	85,7	31,3
500	56,7	92,6	35,9
630	51,9	92,1	40,2
800	50,0	90,1	40,1
1000	57,9	91,1	33,1
1250	63,6	90,7	27,1
1600	69,5	91,4	21,9
2000	63,5	86,3	22,8
2500	69,5	85,6	16,0
3150	78,4	88,6	10,2
4000	70,9	88,2	17,3
5000	75,7	89,7	14,0
6300	68,9	88,9	20,1
8000	75,7	89,1	13,4
10000	74,0	85,8	11,8
D_{iA}, dB	17,4		



Rys. 7. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=12\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013										strona: 12 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500										
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620										

4.2 SZUM WŁASNY:

Poziom mocy akustycznej przepływu (szumu własnego) w tłumiku obliczono wg zależności:

$$L_W = \bar{L}_p + D_{td} + C, \text{ gdzie:}$$

$\bar{L}_p$ – energetycznie uśredniony poziom ciśnienia akustycznego (bez korekty na tło), dB,

D_{td} – tłumienie przenoszenia na końcu kanału przyłączonego do komory pogłosowej; dla stanowiska badawczego ITC $D_{td}=0$ dB,

C – różnica poziomów mocy akustycznej promieniowanej do komory pogłosowej oraz uśrednionego ciśnienia akustycznego w komorze pogłosowej, dB.

Tablica 10

Poziom mocy akustycznej przepływu tłumika SIL-100-355-1500

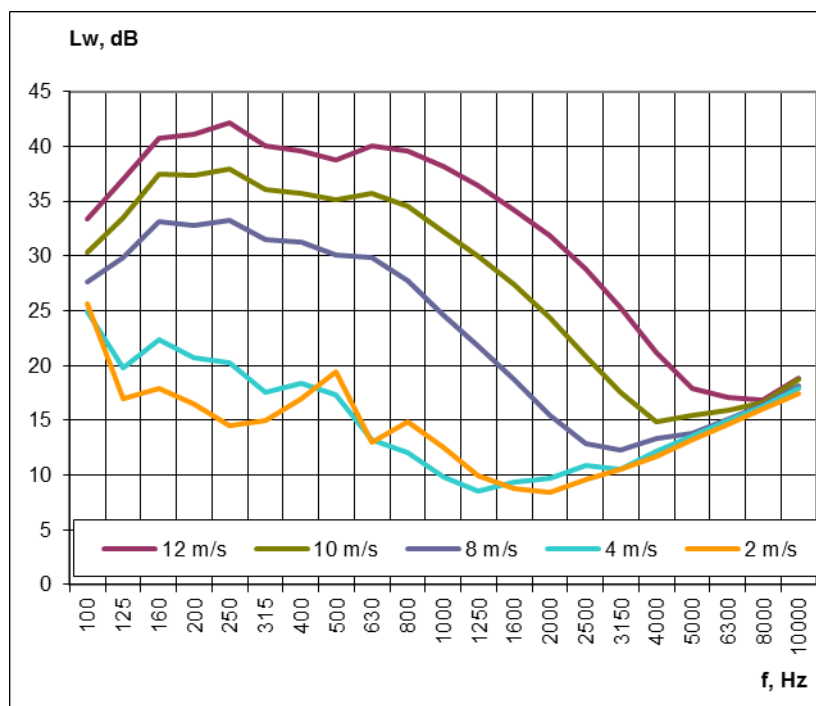
f, Hz	Prędkość w przekroju wlotowym tłumika														
	v=2, m/s			v=4m/s			v=8m/s			v=10 m/s			v=12m/s		
	$\bar{L}_p$	C	L_W	$\bar{L}_p$	C	L_W	$\bar{L}_p$	C	L_W	$\bar{L}_p$	C	L_W	$\bar{L}_p$	C	L_W
	dB														
100	21,8	3,9	25,7	21,1	3,9	24,9	23,8	3,9	27,7	26,5	3,9	30,4	29,5	3,9	33,4
125	12,5	4,5	17,0	15,3	4,5	19,8	25,4	4,5	29,9	29,0	4,5	33,5	32,4	4,5	37,0
160	13,8	4,2	17,9	18,2	4,2	22,3	29,1	4,2	33,2	33,4	4,2	37,5	36,7	4,2	40,8
200	12,8	3,7	16,5	17,0	3,7	20,7	29,2	3,7	32,9	33,7	3,7	37,4	37,5	3,7	41,1
250	11,3	3,1	14,5	17,1	3,1	20,3	30,1	3,1	33,3	34,8	3,1	38,0	39,0	3,2	42,2
315	11,9	3,1	15,0	14,5	3,1	17,5	28,5	3,1	31,6	33,0	3,1	36,0	37,0	3,1	40,0
400	14,0	3,0	17,0	15,5	3,0	18,4	28,3	3,0	31,3	32,7	3,0	35,7	36,6	3,0	39,6
500	16,5	3,0	19,5	14,4	3,0	17,4	27,1	3,0	30,1	32,1	3,0	35,2	35,8	3,0	38,8
630	9,8	3,2	13,0	10,0	3,2	13,2	26,7	3,2	29,9	32,5	3,2	35,7	36,9	3,2	40,1
800	11,6	3,2	14,8	8,8	3,2	12,1	24,6	3,2	27,8	31,3	3,2	34,6	36,3	3,2	39,6
1000	9,2	3,4	12,5	6,4	3,3	9,8	21,2	3,3	24,6	28,9	3,4	32,3	34,8	3,4	38,2
1250	6,3	3,7	10,0	4,9	3,7	8,6	18,2	3,7	21,8	26,3	3,7	30,0	32,8	3,7	36,5
1600	4,6	4,2	8,8	5,2	4,2	9,4	14,5	4,2	18,7	23,3	4,2	27,4	30,0	4,2	34,2
2000	4,1	4,3	8,4	5,5	4,3	9,8	11,2	4,3	15,5	20,1	4,3	24,4	27,5	4,3	31,9
2500	4,9	4,7	9,6	6,2	4,7	10,9	8,1	4,7	12,8	16,2	4,7	20,9	24,1	4,7	28,8
3150	5,3	5,3	10,6	5,3	5,3	10,5	7,0	5,3	12,3	12,3	5,3	17,6	20,0	5,3	25,3
4000	5,6	6,2	11,7	5,9	6,2	12,1	7,1	6,2	13,3	8,6	6,2	14,8	15,0	6,2	21,2
5000	6,0	7,3	13,3	6,3	7,3	13,5	6,6	7,3	13,9	8,2	7,3	15,5	10,7	7,3	18,0
6300	6,1	8,6	14,7	6,4	8,6	15,0	6,5	8,6	15,1	7,3	8,6	15,9	8,5	8,6	17,1
8000	6,0	10,0	16,0	6,3	10,0	16,3	6,4	10,0	16,4	6,7	10,0	16,7	6,9	10,0	16,8
10000	5,9	11,6	17,5	6,3	11,6	17,9	6,6	11,6	18,2	7,2	11,6	18,8	7,2	11,6	18,8
L_{WA}	25,2 ²			25,4 ²			35,8			41,6			46,6		

² Górna granica poziomu mocy akustycznej

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013	strona: 13 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500	
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620	

Zgodnie p. 8.1.4 PN-EN ISO 3741:2010 określono poziom mocy szumu przepływu w tłumiku z uwzględnieniem wszystkich pasm pomiarowych oraz z pominięciem pasm, dla których różnica pomiędzy poziomem hałasu przepływu i poziomem tła akustycznego jest mniejsza niż 10 dB.

Jeżeli różnica pomiędzy poziomami mocy akustycznej wyznaczona obydwiema metodami nie przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że **poziom mocy określono zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010**. Jeśli ta różnica przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że wyznaczony **poziom mocy akustycznej jest określony zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010 i reprezentuje górną granicę dla poziomu mocy akustycznej szumu przepływu badanego tłumika**.



Rys. 8.: Widmo poziomu mocy akustycznej tłumika SIL-100-355-1500

4.3 WSPÓŁCZYNNIK STRAT CIŚNIENIA:

Profil prędkości w kanałach pomiarowych przed badanym tłumikiem spełniał wymagania normy PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2.1 średnią prędkość czynnika na wlocie badanego tłumika v_f wyznaczono na podstawie pomiaru w kanale pomiarowym przed tłumikiem.

Zgodnie z PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2 wykonano dwie serie badań:

- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym badanym obiektem $p_{s1(I)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,
- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym kanałem zastępczym $p_{s1(II)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,

określając współczynnik strat ciśnienia całkowitego ζ .

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013		strona: 14 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500		
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620		

Tablica 11

Straty ciśnienia w tłumiku								
Lp.	wartości założone		wartości rzeczywiste					ζ
	v_f m/s	q_v m ³ /s	v_f m/s	q_v m ³ /s	$p_{t(\text{tłumika})}$ Pa	$p_{t(\text{kanalu})}$ Pa	Δp_{tot} Pa	
1	12,0	1,1878	12,1	1,1947	144,16	140,80	3,36	0,03
2	10,0	0,9898	9,9	0,9839	98,58	96,67	1,91	
3	8,0	0,7918	8,0	0,7889	62,91	62,58	0,33	
4	4,0	0,3959	4,0	0,3920	16,32	14,88	-	
5	2,0	0,1980	2,1	0,2059	3,85	3,85	-	

W powyższej tablicy zastosowano oznaczenia:

- v_f – prędkość przed badanym obiektem (jest równoważna prędkości w tłumiku), m/s,
 q_v – strumień objętości, m³/s,
 $p_{t(\text{tłumika})}$ – ciśnienie całkowite w tłumiku, Pa,
 $p_{t(\text{kanalu})}$ – ciśnienie całkowite w kanale, Pa,
 Δp_{tot} – strata ciśnienia całkowitego, Pa.

Zgodnie z p. 6.5.2.1 wykonano pomiary dla pięciu różnych strumieni objętości przepływu. Do określenia współczynnika strat ciśnienia całkowitego ζ wzięto pod uwagę tylko te wartości strumienia przepływu, które wywołały różnicę ciśnienia większą, niż 10Pa. Jeżeli różnica ciśnień była mniejsza lub równa 10Pa, nie określano również straty ciśnienia całkowitego Δp_{tot} .

4. NIEPEWNOŚĆ POMIARU:

Zgodnie z normą PN-EN ISO 7235:2009 Tablica 7 przyjęto, że górne wartości odchylenia standartowego odtwarzalności σ_R wyznaczonych poziomów mocy akustycznej badanego tłumika wynoszą:

f, Hz	σ_R , dB
100	1,5
125÷500	1
630÷1250	2
1600÷10000	3

W trakcie realizacji badań Laboratorium przestrzegało procedury pomiarowej zgodnej z normą PN-EN ISO 7235:2009, spełniając warunek wymagany dokumentem EA-04/16 „Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych”.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 03/2013	strona: 15 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1500	
	Załącznik nr 3 do sprawozdania 8620	

Inne informacje dotyczące badania:

- Ponieważ własności akustyczne zastosowanych przejść nie mogą być pominięte, tłumienie wtrącenia dotyczy badanego tłumika z zastosowanymi przejściami.
- Ustawienie parametrów przepływowych zostało wykonane zgodnie z najlepszą dostępną techniką, z zachowaniem wymagań normy PN-EN ISO 5801:2008. Prezentowane wyniki odnoszą się do wartości prędkości przepływu strumienia powietrza, uzyskanych w trakcie pomiarów i nie wpływają na wyznaczone wartości tłumienia wtrącenia oraz poziomu mocy akustycznej szumu własnego przepływu badanego tłumika.

Badania wykonał:
J. Jaworski

.....

Laboratorium oświadcza, że wyniki badania odnoszą się wyłącznie do badanego tłumika SIL-100-355-1500, wybranego i dostarczonego przez Zleceniodawcę. Bez pisemnej zgody Laboratorium niniejsze sprawozdanie nie może być powielane inaczej jak tylko w całości.



SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013

Badanie aeroakustyczne tłumika

SIL-100-355-1000

Miejsce wykonania badań: Laboratorium OTC

Data udostępnienia obiektu do badań: 31.07.2013

Data wykonania badań: 20.11.2013 ÷ 21.11.2013

Data wydania sprawozdania z badań: 06.12.2013

stron: 15

rys: 8

tablic: 11

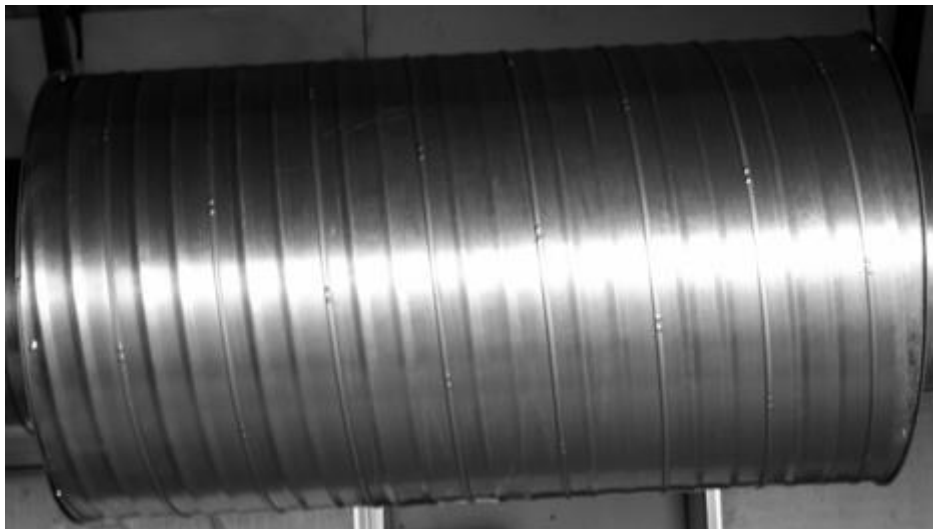
Nazwa i adres Zamawiającego:

ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
Aleja Krakowska 10
05-552 Wola Mrokwoska

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013		strona: 2 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000		
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620		

ZAMAWIAJĄCY: ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
05-552 Wola Mrokowska, Aleja Krakowska 10.

1. DANE TECHNICZNE BADANEGO OBIEKTU:



Rys. 1.: Badany tłumik

Nazwa/typ	SIL-100-355-1000	
Długość	mm	1000
Średnica przyłącza	mm	355
Pole przekroju wlotowego	m ²	0,099
Pole przekroju swobodnego	m ²	0,099

2. METODA BADAWCZA I APARATURA POMIAROWA:

Zastosowana metoda pomiaru: metoda pomiaru w komorze pogłosowej zgodnie z normami PN-EN ISO 7235:2009 „Akustyka. Metody laboratoryjne pomiaru tłumików kanałowych oraz elementów końcowych. Tłumienie wtrącenia, hałas przepływu i strata ciśnienia całkowitego”.

PN-EN ISO 3741:2010 „Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metody dokładne w komorach pogłosowych”.

Sposób wyznaczenia poziomu ciśnienia akustycznego: metoda pomiaru w punktach, rozłożonych równomiernie, na określonym torze pomiarowym o długości obwodu 10 m.

Pomiary tła: pomiaru dokonywano w tych samych punktach, w których wykonano pomiary właściwe.

Sposób wyznaczenia strumienia objętości: zgodnie z normą PN-EN ISO 5801:2008 „Wentylatory przemysłowe – Badanie charakterystyk działania na stanowiskach znormalizowanych”.

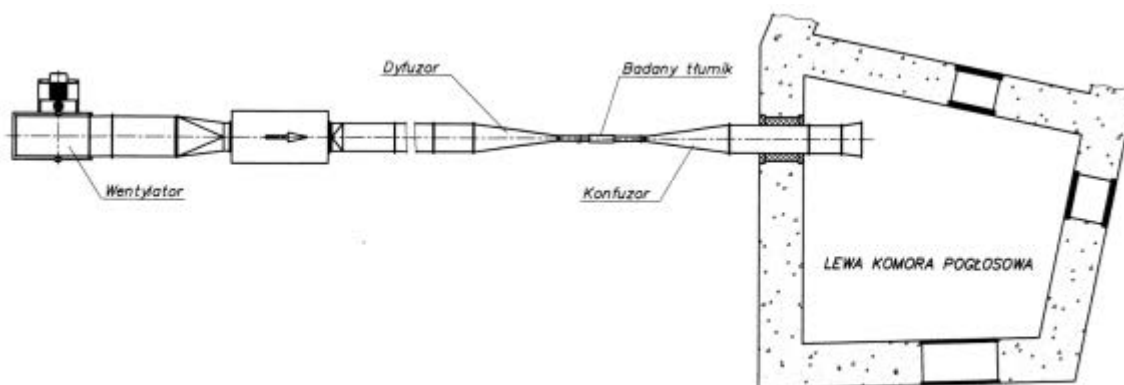
Sposób wyznaczenia współczynnika strat ciśnienia: za pomocą przetwornika mierzono różnice ciśnień przed i za badanym tłumikiem (oraz przed i za kanałem zastępczym). Wartości różnicy ciśnień były zbierane i zapisywane z użyciem programu GeniDAQ.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013		strona: 3 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000		
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620		

Aparatura pomiarowa:

Nazwa		Typ	Producent	Nr fab.	Data ważności świadczenia wzorcowania / sprawdzenia
Zestaw pomiarowy 2144/07/ kanał A	analizator	2144	Brüel & Kjær	1765615	01.2014
	mikrofon	4942	Brüel & Kjær	2647435	
	przedwzmacniacz	2669	Brüel & Kjær	1936057	
Tor głośnikowy	zestaw głośników 8Ω	zestaw specjalny	Tonsil S.A	—	—
	generator szumu	NRG-201	RFT	21180	10.2015
	wzmacniacz mocy	WS 703	Fonica	688276	10.2015
	wzmacniacz pomiarowy	2610	Brüel & Kjær	1146588	05.2015
Kalibrator akustyczny		4231	Brüel & Kjær	2686649	08.2015
Termohigrometr		HD2717T.D0	DeltaOHM	11032846	01.2014
Barometr		HD 9908T	Delta OHM	11002854	02.2014
Czujnik termometru rezystancyjnego		TP-964-1-300	Czaki Thermo- -Product	R063969	-
Ramię obrotowe mikrofonu		3923	Brüel & Kjær	02307038	—
Źródło mocy akustycznej		4205	Brüel & Kjær	1775038	02.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		IPA-01	ZAP S.A.	00050193	12.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		HD404T	Delta OHM	10035709	02.2014
Sonda Prandtla		T2 - 600	Delta OHM	—	-
Stacja akwizycji danych		SAD-ADAM	ITC	02/2006	—
Komputer PC z programem GeniDAQ		PC	—	—	—

3. STANOWISKO BADAWCZE I WARUNKI REALIZACJI BADAŃ:



Rys. 2. Schemat stoiska badawczego.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013		strona: 4 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000		
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620		

PARAMETRY STANOWISKA BADAWCZEGO		
Kanał pomiarowy przed tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	17,2
Kanał pomiarowy za tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	5,3
Kanał przejściowy 700x700/Ø355	m	1,43
Kanał pomiarowy Ø355	m	1,0
Częstotliwość graniczna pierwszego modu poprzecznego	Hz	338
Element transmisyjny		
Wymiar poprzeczny 1	mm	700 x 700
Wymiar poprzeczny 2	mm	840 x 840
Długość	mm	500

Tablica 1

Współczynnik odbicia elementu transmisyjnego stanowiska

Współczynnik odbicia r	Częstotliwość środkowa, Hz					
	50	63	80	100	125	>160
	0,75	0,59	0,56	0,50	0,31	0,19

Tablica 2

Tłumienie graniczne D_{gr} stanowiska z badanym tłumikiem

f _{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400
D _{gr} , dB	27,0	29,5	32,3	38,8	43,3	46,6	47,4
f _{sr} , Hz	500	630	800	1000	1250	1600	2000
D _{gr} , dB	44,3	44,2	47,0	49,1	51,5	55,9	51,5
f _{sr} , Hz	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
D _{gr} , dB	50,9	54,9	52,7	52,9	52,5	57,9	55,9

KOMORA POGŁOSOWA		
Objętość V	m ³	237
Całkowita powierzchnia przegród S	m ²	231,5
Płaszczyzny ograniczające komorę	Wszystkie płaszczyzny nierównoległe	
Elementy rozpraszające	Dyfuzor	

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013		strona: 5 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000		
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620		

Tablica 3

Czas pogłosu T komory

01.10.2013	f_{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T , s	5,48	4,43	4,58	4,91	5,34	5,28	5,25	5,13	4,83	4,74	4,58
	δ_M	0,45	0,26	0,21	0,19	0,19	0,13	0,15	0,11	0,10	0,05	0,05
	f_{sr} , Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T , s	4,25	3,76	3,63	3,32	2,92	2,39	1,90	1,43	1,08	0,79	
	δ_M	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	
20.11.2013	f_{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T , s	4,74	4,82	4,84	5,11	5,40	5,48	5,44	5,26	4,93	4,88	4,67
	δ_M	0,39	0,42	0,36	0,17	0,27	0,15	0,14	0,10	0,08	0,09	0,05
	f_{sr} , Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T , s	4,34	3,92	3,85	3,55	3,16	2,60	2,07	1,61	1,19	0,87	
	δ_M	0,06	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	

W powyższej tablicy (Tabela 3) zastosowano oznaczenia:

T – wyznaczony czas pogłosu komory Laboratorium Aeroakustyki ITC z wyprowadzonym wylotem stanowiska badawczego,

$U_{A,95}$ – niepewność rozszerzona pomiaru typu A, wyznaczona metodą t-Studenta dla współczynnika rozszerzenia $t_{95\%}=2,201$, v_{eff} stopni swobody i poziomu ufności $p=95\%$.

Dla całego zakresu pomiarowego czas pogłosu T jest zgodny¹ według kryterium normy PN-EN ISO 3741:2011.

Tablica 4

Warunki środowiskowe

		02.10.2013		20.11.2013		21.11.2013	
		przed pomiarem	po pomiarze	przed pomiarem	po pomiarze	przed pomiarem	po pomiarze
temperatura	°C	12,5	12,6	7,5	7,3	7,8	7,8
wilgotność	%	55,0	54,5	71,8	77,3	75,0	75,1
ciśnienie atmosferyczne	hPa	1001	1001	976	976	980	979

¹ Z wyłączeniem częstotliwości 10 000 Hz dla której jest mniejszy o 0,23 s. i 0,15 s.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013	<i>strona: 6</i> <i>stron: 15</i>
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000	
	<i>Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620</i>	

Kalibracja toru pomiarowego zestaw pomiarowy był kalibrowany przed pomiarem i po jego zakończeniu kalibratorem akustycznym (wg świadectwa wzorcowania $L_{p\text{ref}} = (94,08 \pm 0,09)$ dB w warunkach odniesienia, tj. przy temperaturze 23°C i dla ciśnienia 1013,25 hPa, wilgotność względna 50%).

Data	Zestaw pomiarowy	Przed pomiarami		Po pomiarach	
		$L_{p\text{ref}}$	Poprawka kalibracyjna	$L_{p\text{ref}}$	Poprawka kalibracyjna
dd.mm.yyyy	–	dB			
02.10.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,44	94,08	0,40
20.11.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,37	94,08	0,38
21.11.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,40	94,08	0,39

4. POMIARY AEROAKUSTYCZNE TŁUMIKA:

4.1 TŁUMIENIE WTRĄCENIA:

Wartości tłumienia obliczono wg zależności:

$D_i = L_{W\text{I}} - L_{W\text{II}}$, gdzie:

$L_{W\text{I}}$ – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z kanałem zastępczym, dB,

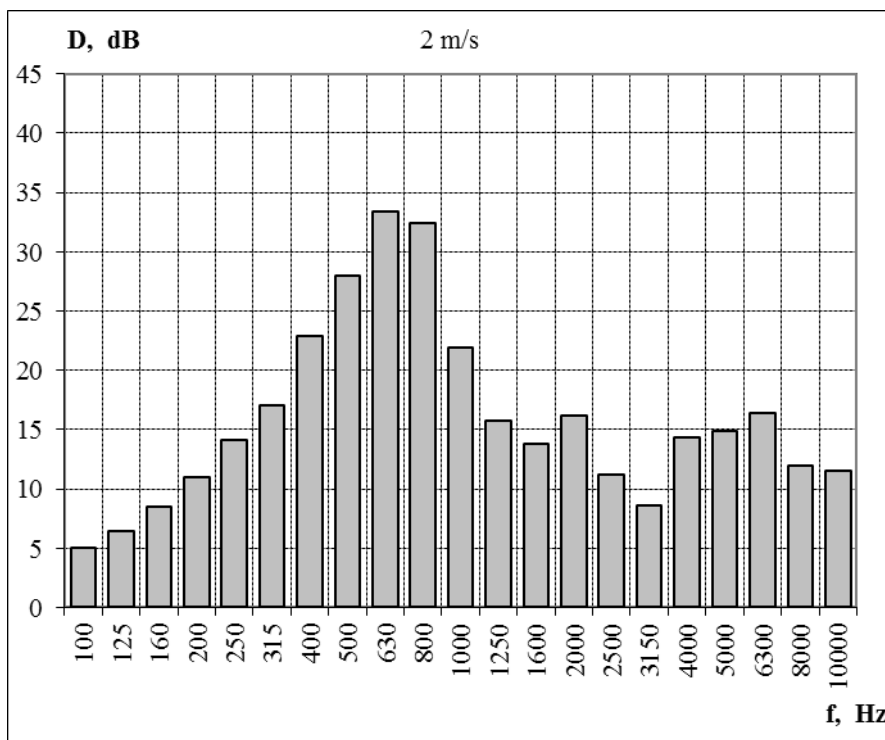
$L_{W\text{II}}$ – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z badanym tłumikiem, dB.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013		strona: 7 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000		
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620		

Tablica 5

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=2\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	71,4	76,4	5,0
125	73,6	80,1	6,5
160	76,2	84,7	8,5
200	73,7	84,7	11,0
250	71,8	85,9	14,1
315	67,2	84,3	17,1
400	63,2	86,0	22,9
500	65,2	93,1	27,9
630	59,5	92,8	33,3
800	59,0	91,4	32,4
1000	68,9	90,8	21,9
1250	75,4	91,1	15,8
1600	77,4	91,2	13,8
2000	68,7	84,9	16,2
2500	75,0	86,2	11,2
3150	80,2	88,8	8,6
4000	74,1	88,5	14,4
5000	74,8	89,7	14,9
6300	73,1	89,5	16,4
8000	77,7	89,6	11,9
10000	75,3	86,8	11,5
D_{iA}, dB	14,7		



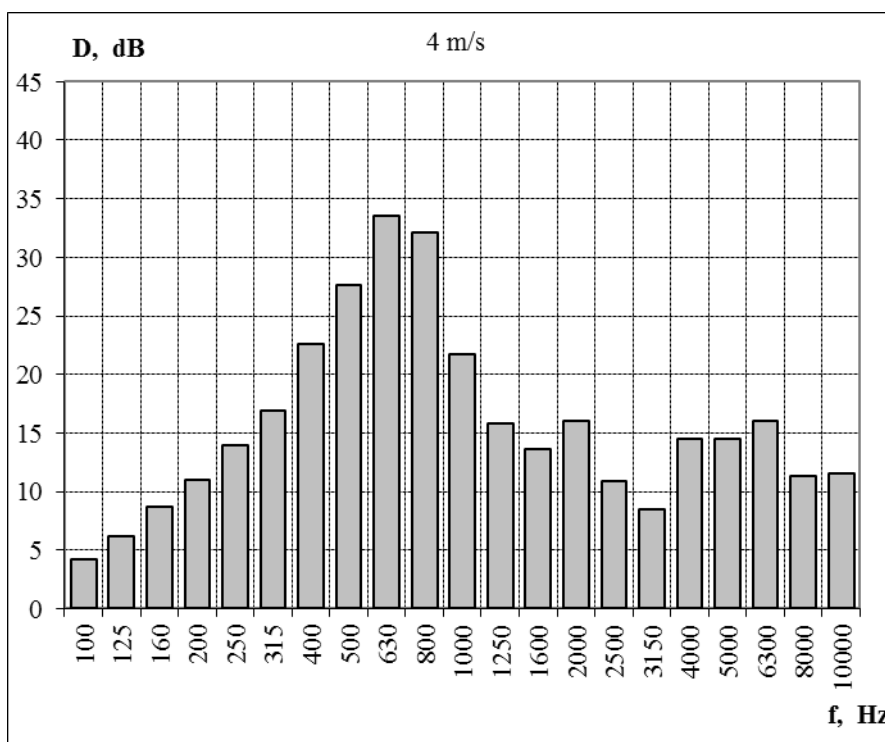
Rys. 3. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=2\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013		strona: 8 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000		
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620		

Tablica 6

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=4\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WII}	D _i
Hz	dB		
100	71,8	76,0	4,3
125	73,8	80,0	6,2
160	76,2	84,8	8,7
200	73,6	84,6	11,0
250	71,9	85,9	14,0
315	67,3	84,3	16,9
400	63,3	86,0	22,6
500	65,5	93,2	27,7
630	59,2	92,8	33,5
800	59,3	91,5	32,1
1000	69,1	90,8	21,7
1250	75,4	91,2	15,8
1600	77,6	91,1	13,6
2000	68,8	84,8	16,0
2500	75,1	86,1	10,9
3150	80,4	88,8	8,5
4000	74,1	88,6	14,5
5000	75,0	89,5	14,5
6300	73,5	89,5	16,0
8000	78,4	89,8	11,4
10000	75,5	87,1	11,6
D_{iA}, dB	14,5		



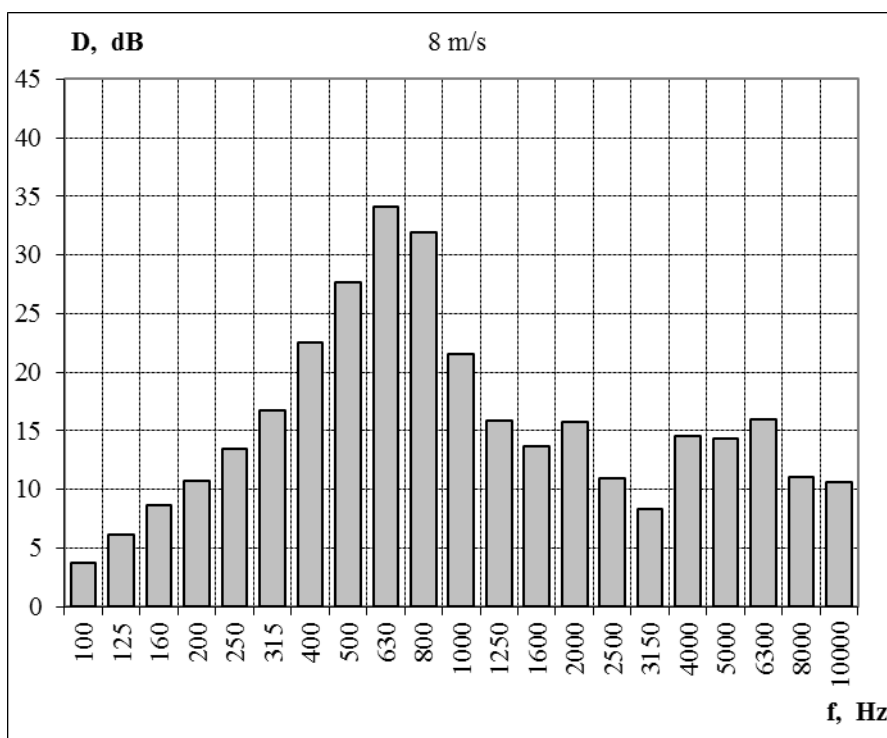
Rys. 4. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=4\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013		strona: 9 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000		
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620		

Tablica 7

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=8\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	72,1	75,8	3,8
125	73,9	80,0	6,1
160	76,4	85,0	8,6
200	73,8	84,6	10,8
250	72,2	85,7	13,4
315	67,7	84,4	16,8
400	63,6	86,1	22,5
500	65,5	93,2	27,7
630	58,7	92,9	34,2
800	59,7	91,6	31,9
1000	69,4	91,0	21,6
1250	75,5	91,4	15,9
1600	77,5	91,2	13,7
2000	68,9	84,7	15,7
2500	75,3	86,2	10,9
3150	80,5	88,9	8,3
4000	74,3	88,8	14,6
5000	75,5	89,9	14,4
6300	73,8	89,7	15,9
8000	79,3	90,4	11,1
10000	76,6	87,3	10,6
D_{iA}, dB	14,4		



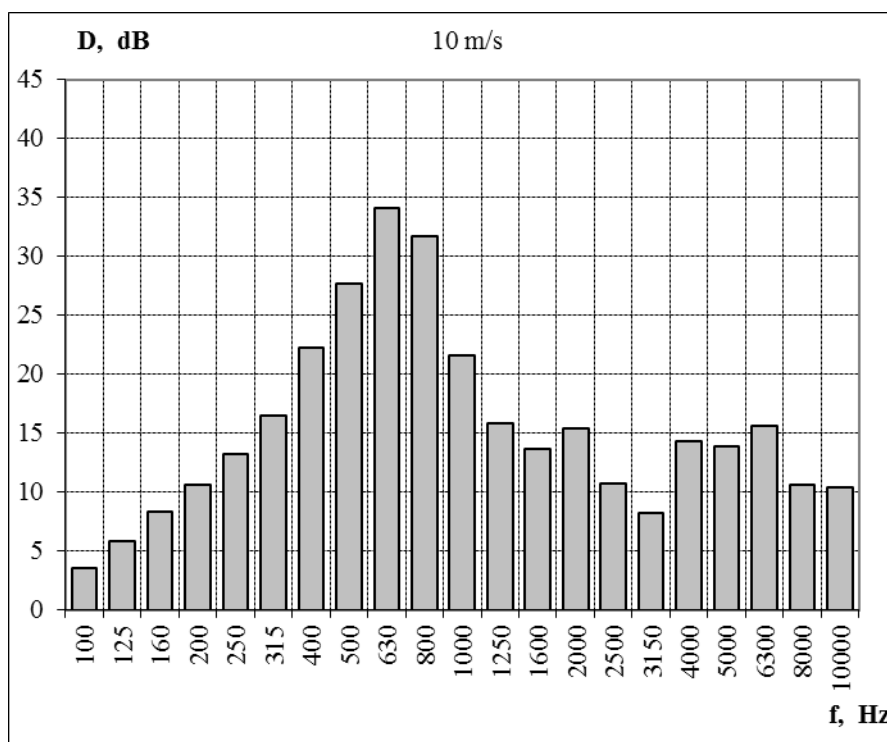
Rys. 5. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=8\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013		strona: 10 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000		
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620		

Tablica 8

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=10\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WH}	D _i
Hz	dB		
100	72,3	75,8	3,6
125	74,1	80,0	5,9
160	76,3	84,7	8,4
200	73,9	84,5	10,6
250	72,4	85,7	13,3
315	67,8	84,3	16,5
400	63,8	86,0	22,3
500	65,5	93,2	27,7
630	58,7	92,8	34,1
800	60,0	91,7	31,7
1000	69,5	91,2	21,6
1250	75,5	91,3	15,8
1600	77,6	91,2	13,6
2000	69,1	84,6	15,4
2500	75,3	86,1	10,8
3150	80,5	88,8	8,2
4000	74,5	88,8	14,3
5000	75,9	89,8	13,9
6300	74,1	89,8	15,6
8000	79,8	90,4	10,6
10000	76,9	87,3	10,4
D_{iA}, dB	14,2		



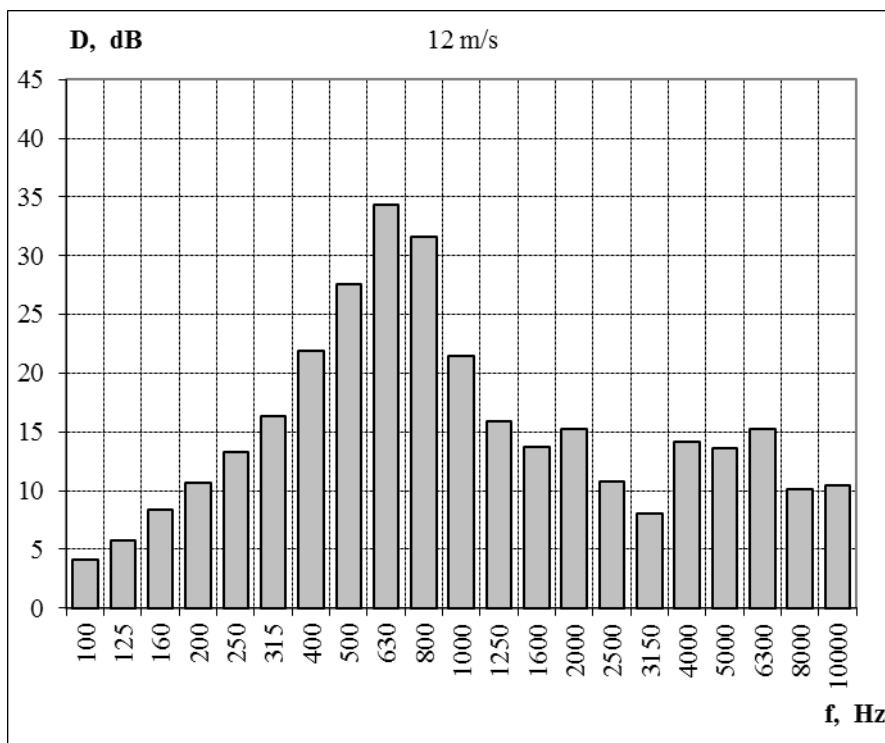
Rys. 6. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=10\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013		strona: 11 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000		
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620		

Tablica 9

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=12\text{m/s}$**

f	L_{wI}	L_{wII}	D_i
Hz	dB		
100	72,0	76,1	4,1
125	74,4	80,2	5,8
160	76,3	84,7	8,4
200	74,1	84,7	10,7
250	72,5	85,8	13,3
315	68,0	84,3	16,3
400	64,0	85,9	21,9
500	65,5	93,1	27,6
630	58,7	93,0	34,4
800	60,1	91,8	31,7
1000	69,7	91,2	21,5
1250	75,6	91,5	15,9
1600	77,6	91,3	13,7
2000	69,2	84,5	15,3
2500	75,4	86,1	10,8
3150	80,8	88,9	8,1
4000	74,6	88,8	14,2
5000	76,3	89,9	13,6
6300	74,6	89,9	15,3
8000	80,4	90,5	10,1
10000	77,0	87,4	10,4
D_{iA}, dB	14,0		



Rys. 7. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=12\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013										strona: 12 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000										
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620										

4.2 SZUM WŁASNY:

Poziom mocy akustycznej przepływu (szumu własnego) w tłumiku obliczono wg zależności:

$$L_W = \overline{L}_p + D_{td} + C, \text{ gdzie:}$$

$\overline{L}_p$ – energetycznie uśredniony poziom ciśnienia akustycznego (bez korekty na tło), dB,

D_{td} – tłumienie przenoszenia na końcu kanału przyłączonego do komory pogłosowej; dla stanowiska badawczego ITC $D_{td}=0$ dB,

C – różnica poziomów mocy akustycznej promieniowanej do komory pogłosowej oraz uśrednionego ciśnienia akustycznego w komorze pogłosowej, dB.

Tablica 10

Poziom mocy akustycznej przepływu tłumika SIL-100-355-1000

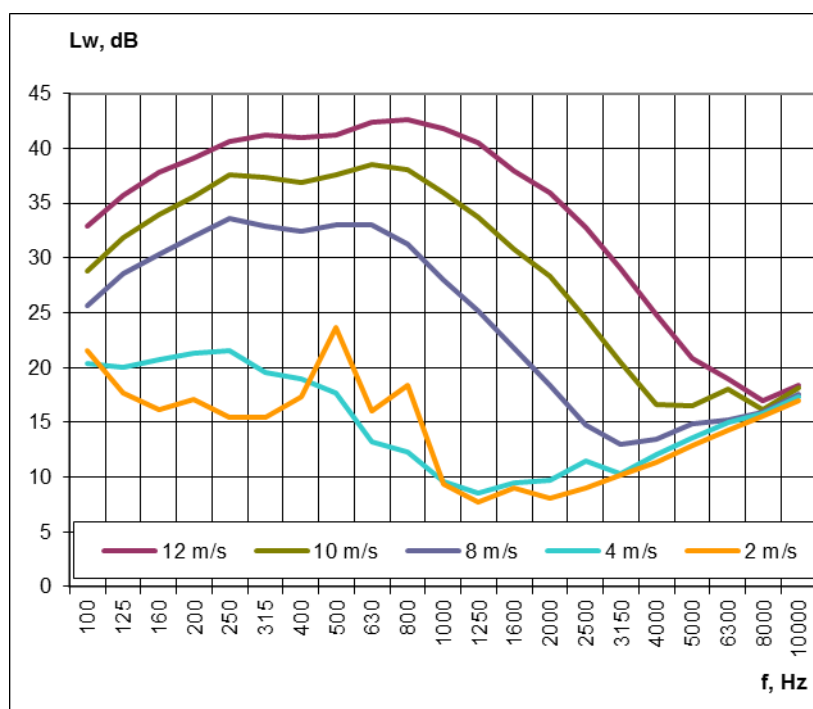
f, Hz	Prędkość w przekroju wlotowym tłumika														
	v=2, m/s			v=4m/s			v=8m/s			v=10 m/s			v=12m/s		
	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W
	dB														
100	16,9	4,6	21,5	15,7	4,6	20,4	21,1	4,6	25,7	24,2	4,6	28,8	28,3	4,6	32,9
125	13,4	4,3	17,6	15,8	4,3	20,0	24,3	4,3	28,6	27,7	4,3	31,9	31,5	4,3	35,7
160	12,1	4,0	16,1	16,8	4,0	20,8	26,4	4,0	30,4	30,0	4,0	34,0	33,8	4,0	37,8
200	13,5	3,6	17,1	17,7	3,6	21,3	28,4	3,6	32,0	32,0	3,6	35,6	35,5	3,6	39,1
250	12,2	3,2	15,4	18,4	3,2	21,6	30,4	3,2	33,6	34,4	3,2	37,6	37,5	3,2	40,7
315	12,4	3,0	15,4	16,5	3,0	19,5	30,0	3,0	33,0	34,4	3,0	37,4	38,3	3,0	41,3
400	14,4	2,9	17,3	16,1	2,9	19,0	29,6	2,9	32,5	34,0	2,9	36,9	38,1	2,9	41,0
500	20,7	3,0	23,7	14,7	3,0	17,7	30,1	3,0	33,1	34,6	3,0	37,6	38,3	3,0	41,3
630	12,9	3,2	16,1	10,0	3,2	13,2	29,9	3,2	33,1	35,4	3,2	38,6	39,3	3,2	42,5
800	15,2	3,2	18,4	9,1	3,2	12,3	28,1	3,2	31,3	34,9	3,2	38,1	39,5	3,2	42,7
1000	6,0	3,4	9,4	6,2	3,4	9,6	24,6	3,4	28,0	32,7	3,4	36,0	38,4	3,4	41,8
1250	4,1	3,7	7,7	5,0	3,7	8,6	21,5	3,6	25,2	30,1	3,6	33,7	36,9	3,6	40,5
1600	4,9	4,1	9,0	5,4	4,1	9,5	17,8	4,1	21,8	26,8	4,1	30,9	33,9	4,1	38,0
2000	3,9	4,1	8,1	5,6	4,1	9,8	14,3	4,1	18,4	24,2	4,1	28,3	31,9	4,1	36,0
2500	4,6	4,5	9,1	7,0	4,5	11,5	10,3	4,5	14,8	20,0	4,5	24,4	28,3	4,5	32,8
3150	5,1	5,0	10,2	5,3	5,0	10,4	8,0	5,0	13,0	15,4	5,0	20,5	24,1	5,0	29,1
4000	5,5	5,9	11,4	6,1	5,9	12,0	7,6	5,9	13,5	10,8	5,9	16,7	19,0	5,9	24,9
5000	6,0	7,0	12,9	6,6	7,0	13,6	7,9	6,9	14,8	9,6	6,9	16,6	13,9	6,9	20,8
6300	6,2	8,1	14,3	6,8	8,1	15,0	7,1	8,1	15,2	9,9	8,1	18,0	10,9	8,1	19,0
8000	6,0	9,6	15,5	6,2	9,6	15,8	6,4	9,6	15,9	6,6	9,6	16,2	7,4	9,6	17,0
10000	5,8	11,2	17,0	6,1	11,2	17,3	6,4	11,2	17,5	7,0	11,2	18,2	7,2	11,2	18,4
L_{WA}	26,2 ²			25,5 ²			38,1			44,3			49,5		

² Górna granica poziomu mocy akustycznej

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013	strona: 13 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000	
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620	

Zgodnie p. 8.1.4 PN-EN ISO 3741:2010 określono poziom mocy szumu przepływu w tłumiku z uwzględnieniem wszystkich pasm pomiarowych oraz z pominięciem pasm, dla których różnica pomiędzy poziomem hałasu przepływu i poziomem tła akustycznego jest mniejsza niż 10 dB.

Jeżeli różnica pomiędzy poziomami mocy akustycznej wyznaczona obydwiema metodami nie przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że **poziom mocy określono zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010**. Jeśli ta różnica przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że wyznaczony **poziom mocy akustycznej jest określony zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010 i reprezentuje górną granicę dla poziomu mocy akustycznej szumu przepływu badanego tłumika**.



Rys. 8.: Widmo poziomu mocy akustycznej tłumika SIL-100-355-1000

4.3 WSPÓŁCZYNNIK STRAT CIŚNIENIA:

Profil prędkości w kanałach pomiarowych przed badanym tłumikiem spełniał wymagania normy PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2.1 średnią prędkość czynnika na wlocie badanego tłumika v_f wyznaczono na podstawie pomiaru w kanale pomiarowym przed tłumikiem.

Zgodnie z PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2 wykonano dwie serie badań:

- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym badanym obiektem $p_{s1(I)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,
- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym kanałem zastępczym $p_{s1(II)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,

określając współczynnik strat ciśnienia całkowitego ζ .

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013		strona: 14 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000		
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620		

Tablica 11

Straty ciśnienia w tłumiku								
Lp.	wartości założone		wartości rzeczywiste					ζ
	v_f m/s	q_v m ³ /s	v_f m/s	q_v m ³ /s	$P_{t(\text{tłumika})}$ Pa	$P_{t(\text{kanalu})}$ Pa	Δp_{tot} Pa	
1	12,0	1,1878	12,1	1,1927	143,83	138,81	5,02	0,04
2	10,0	0,9898	9,9	0,9839	98,15	96,48	1,67	
3	8,0	0,7918	8,0	0,7889	63,43	62,16	1,28	
4	4,0	0,3959	4,1	0,4038	17,18	16,65	-	
5	2,0	0,1980	2,1	0,2049	4,17	3,93	-	

W powyższej tablicy zastosowano oznaczenia:

- v_f – prędkość przed badanym obiektem (jest równoważna prędkości w tłumiku), m/s,
 q_v – strumień objętości, m³/s,
 $p_{t(\text{tłumika})}$ – ciśnienie całkowite w tłumiku, Pa,
 $p_{t(\text{kanalu})}$ – ciśnienie całkowite w kanale, Pa,
 Δp_{tot} – strata ciśnienia całkowitego, Pa.

Zgodnie z p. 6.5.2.1 wykonano pomiary dla pięciu różnych strumieni objętości przepływu. Do określenia współczynnika strat ciśnienia całkowitego ζ wzięto pod uwagę tylko te wartości strumienia przepływu, które wywołały różnicę ciśnienia większą, niż 10Pa. Jeżeli różnica ciśnień była mniejsza lub równa 10Pa, nie określano również straty ciśnienia całkowitego Δp_{tot} .

4. NIEPEWNOŚĆ POMIARU:

Zgodnie z normą PN-EN ISO 7235:2009 Tablica 7 przyjęto, że górne wartości odchylenia standartowego odtwarzalności σ_R wyznaczonych poziomów mocy akustycznej badanego tłumika wynoszą:

f, Hz	σ_R , dB
100	1,5
125÷500	1
630÷1250	2
1600÷10000	3

W trakcie realizacji badań Laboratorium przestrzegało procedury pomiarowej zgodnej z normą PN-EN ISO 7235:2009, spełniając warunek wymagany dokumentem EA-04/16 „Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych”.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 04/2013	strona: 15 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-1000	
	Załącznik nr 4 do sprawozdania 8620	

Inne informacje dotyczące badania:

- Ponieważ własności akustyczne zastosowanych przejść nie mogą być pominięte, tłumienie wtrącenia dotyczy badanego tłumika z zastosowanymi przejściami.
- Ustawienie parametrów przepływowych zostało wykonane zgodnie z najlepszą dostępną techniką, z zachowaniem wymagań normy PN-EN ISO 5801:2008. Prezentowane wyniki odnoszą się do wartości prędkości przepływu strumienia powietrza, uzyskanych w trakcie pomiarów i nie wpływają na wyznaczone wartości tłumienia wtrącenia oraz poziomu mocy akustycznej szumu własnego przepływu badanego tłumika.

Badania wykonał:
J. Jaworski

.....

Laboratorium oświadcza, że wyniki badania odnoszą się wyłącznie do badanego tłumika SIL-100-355-1000, wybranego i dostarczonego przez Zleceniodawcę. Bez pisemnej zgody Laboratorium niniejsze sprawozdanie nie może być powielane inaczej jak tylko w całości.



SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013

Badanie aeroakustyczne tłumika

SIL-100-355-500

Miejsce wykonania badań: Laboratorium OTC

Data udostępnienia obiektu do badań: 31.07.2013

Data wykonania badań: 20.11.2013 ÷ 21.11.2013

Data wydania sprawozdania z badań: 06.12.2013

stron: 15

rys: 8

tablic: 11

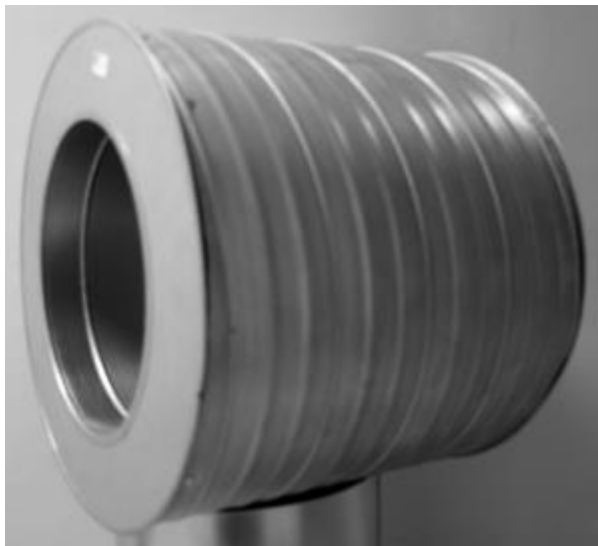
Nazwa i adres Zamawiającego:

ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
Aleja Krakowska 10
05-552 Wola Mrokwoska

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013		strona: 2 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500		
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620		

ZAMAWIAJĄCY: ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
05-552 Wola Mrokowska, Aleja Krakowska 10.

1. DANE TECHNICZNE BADANEGO OBIEKTU:



Rys. 1.: Badany tłumik

Nazwa/typ	SIL-100-355-500	
Długość	mm	500
Średnica przyłącza	mm	355
Pole przekroju wlotowego	m ²	0,099
Pole przekroju swobodnego	m ²	0,099

2. METODA BADAWCZA I APARATURA POMIAROWA:

Zastosowana metoda pomiaru: metoda pomiaru w komorze pogłosowej zgodnie z normami PN-EN ISO 7235:2009 „Akustyka. Metody laboratoryjne pomiaru tłumików kanałowych oraz elementów końcowych. Tłumienie wtrącenia, hałas przepływu i strata ciśnienia całkowitego”.

PN-EN ISO 3741:2010 „Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metody dokładne w komorach pogłosowych”.

Sposób wyznaczenia poziomu ciśnienia akustycznego: metoda pomiaru w punktach, rozłożonych równomiernie, na okrężnym torze pomiarowym o długości obwodu 10 m.

Pomiary tła: pomiaru dokonywano w tych samych punktach, w których wykonano pomiary właściwe.

Sposób wyznaczenia strumienia objętości: zgodnie z normą PN-EN ISO 5801:2008 „Wentylatory przemysłowe – Badanie charakterystyk działania na stanowiskach znormalizowanych”.

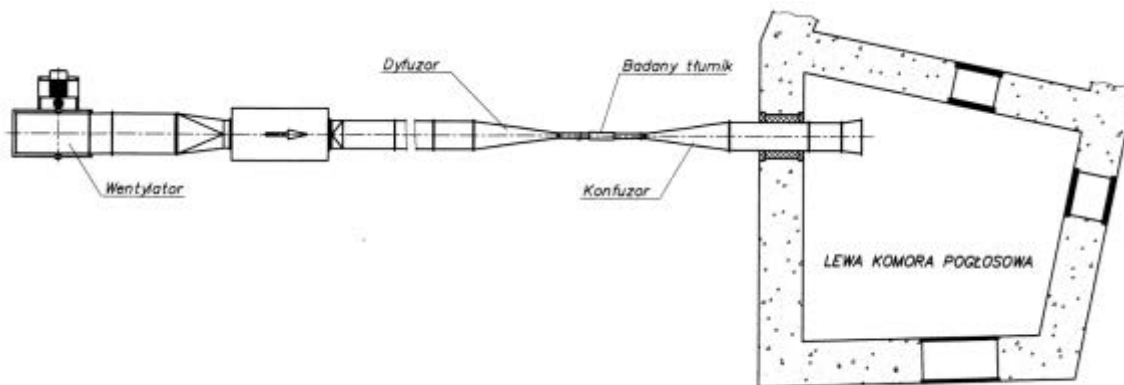
ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013		strona: 3 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500		
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620		

Sposób wyznaczenia współczynnika strat ciśnienia: za pomocą przetwornika mierzono różnice ciśnień przed i za badanym tłumikiem (oraz przed i za kanałem zastępczym). Wartości różnicy ciśnień były zbierane i zapisywane z użyciem programu GeniDAQ.

Aparatura pomiarowa:

Nazwa		Typ	Producent	Nr fab.	Data ważności świadczenia wzorcowania / sprawdzenia
Zestaw pomiarowy 2144/07/ kanał A	analizator	2144	Brüel & Kjær	1765615	01.2014
	mikrofon	4942	Brüel & Kjær	2647435	
	przedwzmacniacz	2669	Brüel & Kjær	1936057	
Tor głośnikowy	zestaw głośników 8Ω	zestaw specjalny	Tonsil S.A	—	—
	generator szumu	NRG-201	RFT	21180	10.2015
	wzmacniacz mocy	WS 703	Fonica	688276	10.2015
	wzmacniacz pomiarowy	2610	Brüel & Kjær	1146588	05.2015
Kalibrator akustyczny		4231	Brüel & Kjær	2686649	08.2015
Termohigrometr		HD2717T.D0	DeltaOHM	11032846	01.2014
Barometr		HD 9908T	Delta OHM	11002854	02.2014
Czujnik termometru rezystancyjnego		TP-964-1-300	Czaki Thermo- -Product	R063969	-
Ramię obrotowe mikrofonu		3923	Brüel & Kjær	02307038	—
Źródło mocy akustycznej		4205	Brüel & Kjær	1775038	02.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		IPA-01	ZAP S.A.	00050193	12.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		HD404T	Delta OHM	10035709	02.2014
Sonda Prandtla		T2 - 600	Delta OHM	—	-
Stacja akwizycji danych		SAD-ADAM	ITC	02/2006	—
Komputer PC z programem GeniDAQ		PC	—	—	—

3. STANOWISKO BADAWCZE I WARUNKI REALIZACJI BADAŃ:



Rys. 2. Schemat stoiska badawczego.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013		strona: 4 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500		
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620		

PARAMETRY STANOWISKA BADAWCZEGO		
Kanał pomiarowy przed tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	17,2
Kanał pomiarowy za tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	6,3
Kanał przejściowy 700x700/Ø355	m	1,43
Kanał pomiarowy Ø355	m	1,0
Częstotliwość graniczna pierwszego modu poprzecznego	Hz	338
Element transmisyjny		
Wymiar poprzeczny 1	mm	700 x 700
Wymiar poprzeczny 2	mm	840 x 840
Długość	mm	500

Tablica 1

Współczynnik odbicia elementu transmisyjnego stanowiska

Współczynnik odbicia r	Częstotliwość środkowa, Hz					
	50	63	80	100	125	>160
	0,75	0,59	0,56	0,50	0,31	0,19

Tablica 2

Tłumienie graniczne D_{gr} stanowiska z badanym tłumikiem

f _{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400
D _{gr} , dB	27,0	29,5	32,3	38,8	43,3	46,6	47,4
f _{sr} , Hz	500	630	800	1000	1250	1600	2000
D _{gr} , dB	44,3	44,2	47,0	49,1	51,5	55,9	51,5
f _{sr} , Hz	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
D _{gr} , dB	50,9	54,9	52,7	52,9	52,5	57,9	55,9

KOMORA POGŁOSOWA		
Objętość V	m ³	237
Całkowita powierzchnia przegród S	m ²	231,5
Płaszczyzny ograniczające komorę	Wszystkie płaszczyzny nierównoległe	
Elementy rozpraszające	Dyfuzor	

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013										strona: 5 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500										
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620										

Tablica 3

Czas pogłosu T komory

01.10.2013	f_{sr}, Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T, s	5,48	4,43	4,58	4,91	5,34	5,28	5,25	5,13	4,83	4,74	4,58
	δ _M	0,45	0,26	0,21	0,19	0,19	0,13	0,15	0,11	0,10	0,05	0,05
	f_{sr}, Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T, s	4,25	3,76	3,63	3,32	2,92	2,39	1,90	1,43	1,08	0,79	
	δ _M	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	
11.10.2013	f_{sr}, Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T, s	4,96	4,99	4,71	5,09	5,28	5,45	5,29	5,23	4,84	4,73	4,68
	δ _M	0,59	0,32	0,27	0,27	0,17	0,22	0,14	0,12	0,06	0,05	0,04
	f_{sr}, Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T, s	4,35	3,94	3,92	3,70	3,35	2,89	2,39	1,90	1,45	1,04	
	δ _M	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	

W powyższej tablicy (Tabela 3) zastosowano oznaczenia:

T – wyznaczony czas pogłosu komory Laboratorium Aeroakustyki ITC z wyprowadzonym wylotem stanowiska badawczego,

U_{A,95} – niepewność rozszerzona pomiaru typu A, wyznaczona metodą t-Studenta dla współczynnika rozszerzenia t_{95%}=2,201, v_{eff} stopni swobody i poziomu ufności p=95%.

Dla całego zakresu pomiarowego czas pogłosu T jest zgodny¹ według kryterium normy PN-EN ISO 3741:2011.

Tablica 4

Warunki środowiskowe

		02.10.2013		15.10.2013		16.10.2013	
		przed pomiarem	po pomiarze	przed pomiarem	po pomiarze	przed pomiarem	po pomiarze
temperatura	°C	12,5	12,6	13,4	12,9	11,2	11,4
wilgotność	%	55,0	54,5	75,7	75,3	83,1	81,2
ciśnienie atmosferyczne	hPa	1001	1001	986	985	983	983

¹ Z wyłączeniem częstotliwości 10 000 Hz dla której jest mniejszy o 0,23 s.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013	<i>strona: 6</i> <i>stron: 15</i>
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500	
	<i>Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620</i>	

Kalibracja toru pomiarowego zestaw pomiarowy był kalibrowany przed pomiarem i po jego zakończeniu kalibratorem akustycznym (wg świadectwa wzorcowania $L_{p\text{ref}} = (94,08 \pm 0,09)$ dB w warunkach odniesienia, tj. przy temperaturze 23°C i dla ciśnienia 1013,25 hPa, wilgotność względna 50%).

Data	Zestaw pomiarowy	Przed pomiarami		Po pomiarach	
		$L_{p\text{ref}}$	Poprawka kalibracyjna	$L_{p\text{ref}}$	Poprawka kalibracyjna
dd.mm.yyyy	–	dB			
02.10.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,44	94,08	0,40
15.10.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,41	94,08	0,40
16.10.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,42	94,08	0,40

4. POMIARY AEROAKUSTYCZNE TŁUMIKA:

4.1 TŁUMIENIE WTRĄCENIA:

Wartości tłumienia obliczono wg zależności:

$D_i = L_{W\text{ I}} - L_{W\text{ II}}$, gdzie:

$L_{W\text{ I}}$ – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z kanałem zastępczym, dB,

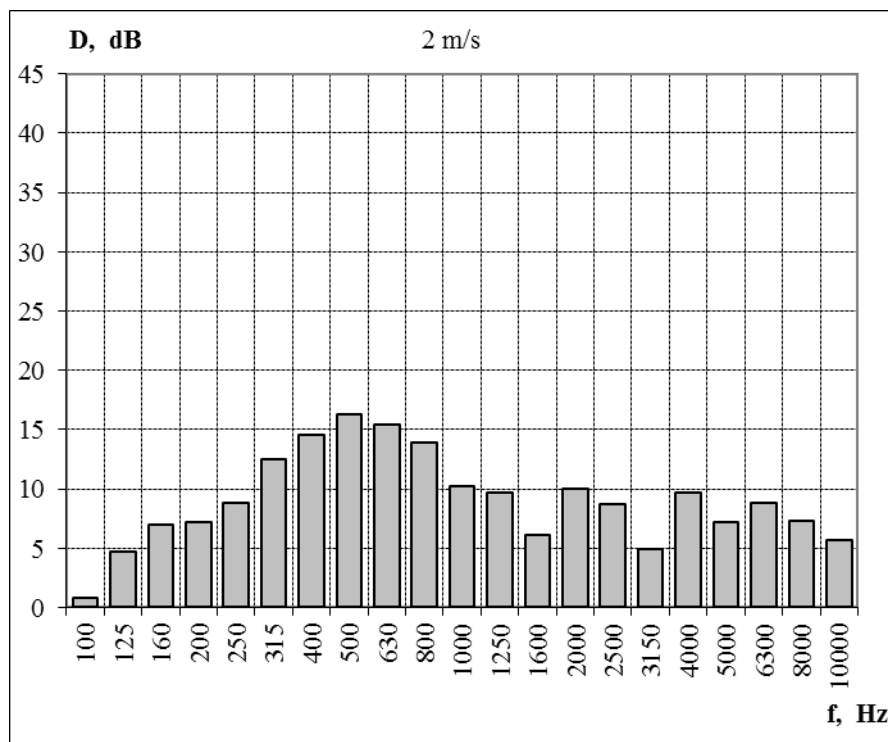
$L_{W\text{ II}}$ – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z badanym tłumikiem, dB.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013		strona: 7 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500		
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620		

Tablica 5

Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-500,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=2\text{m/s}$

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	73,6	74,5	0,8
125	74,8	79,5	4,7
160	78,5	85,5	7,0
200	77,5	84,7	7,2
250	76,6	85,5	8,8
315	71,9	84,3	12,5
400	71,2	85,7	14,5
500	76,6	92,8	16,2
630	77,2	92,6	15,4
800	77,6	91,4	13,9
1000	81,4	91,6	10,2
1250	80,9	90,5	9,7
1600	83,8	89,9	6,1
2000	75,8	85,7	10,0
2500	77,4	86,0	8,7
3150	84,3	89,2	4,9
4000	79,4	89,1	9,7
5000	83,1	90,2	7,1
6300	80,3	89,0	8,8
8000	82,2	89,5	7,3
10000	80,5	86,2	5,7
D_{iA}, dB	8,7		



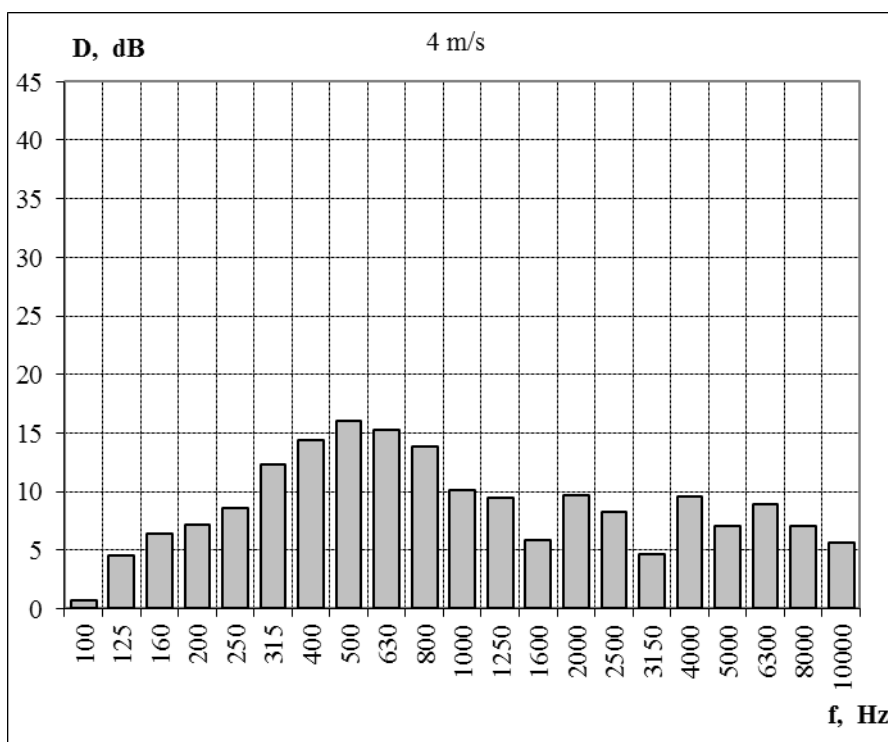
Rys. 3. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=2\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013		strona: 8 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500		
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620		

Tablica 6

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-500,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=4\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WII}	D _i
Hz	dB		
100	73,7	74,5	0,7
125	74,9	79,4	4,5
160	79,0	85,4	6,4
200	77,5	84,6	7,1
250	76,8	85,3	8,6
315	72,1	84,3	12,3
400	71,4	85,8	14,4
500	76,6	92,7	16,1
630	77,3	92,6	15,3
800	77,7	91,5	13,8
1000	81,4	91,6	10,1
1250	81,0	90,5	9,5
1600	83,9	89,8	5,9
2000	75,9	85,6	9,7
2500	77,6	85,9	8,3
3150	84,5	89,2	4,7
4000	79,5	89,1	9,6
5000	83,2	90,3	7,0
6300	80,4	89,3	8,9
8000	82,6	89,6	7,1
10000	80,8	86,5	5,7
D_{iA}, dB	8,6		



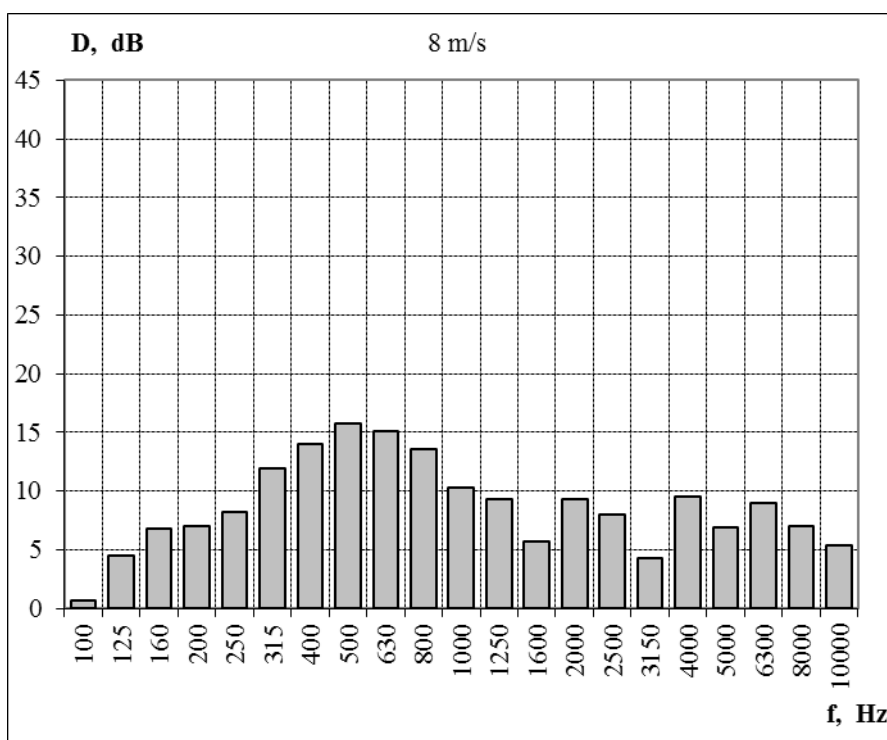
Rys. 4. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=4\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013		strona: 9 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500		
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620		

Tablica 7

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-500,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=8\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	73,8	74,5	0,7
125	75,0	79,5	4,5
160	78,7	85,5	6,8
200	77,6	84,6	7,1
250	77,1	85,3	8,2
315	72,3	84,2	11,9
400	71,6	85,6	14,0
500	76,9	92,7	15,8
630	77,5	92,7	15,2
800	77,9	91,5	13,6
1000	81,6	91,8	10,3
1250	81,1	90,4	9,3
1600	84,1	89,7	5,7
2000	76,1	85,3	9,3
2500	77,8	85,8	8,0
3150	84,8	89,1	4,3
4000	79,7	89,2	9,5
5000	83,4	90,3	6,9
6300	80,6	89,6	9,0
8000	82,9	90,0	7,1
10000	81,5	86,9	5,4
D_{iA}, dB	8,4		



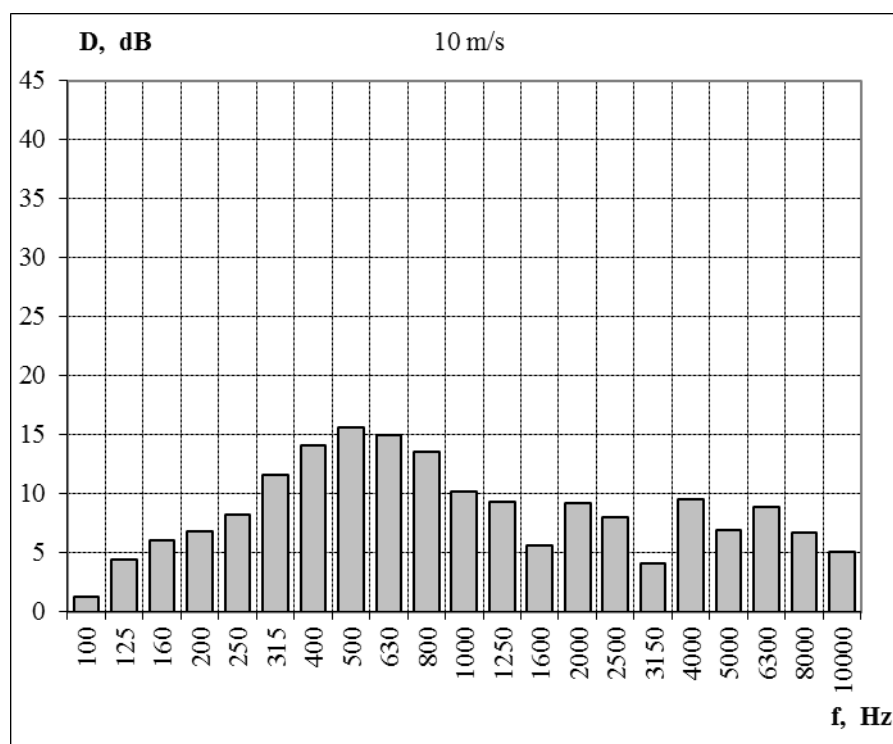
Rys. 5. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=8\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013		strona: 10 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500		
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620		

Tablica 8

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-500,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=10\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WII}	D _i
Hz	dB		
100	73,5	74,8	1,3
125	75,1	79,6	4,4
160	79,3	85,3	6,0
200	77,8	84,6	6,8
250	77,1	85,3	8,2
315	72,6	84,2	11,6
400	71,7	85,8	14,1
500	77,2	92,9	15,7
630	77,8	92,7	14,9
800	78,1	91,7	13,6
1000	81,7	91,9	10,2
1250	81,2	90,5	9,3
1600	84,2	89,8	5,6
2000	76,1	85,4	9,2
2500	77,9	85,9	8,0
3150	85,1	89,2	4,1
4000	79,8	89,3	9,6
5000	83,6	90,5	6,9
6300	81,0	89,8	8,9
8000	83,4	90,2	6,8
10000	82,0	87,1	5,1
D_{iA}, dB	8,3		



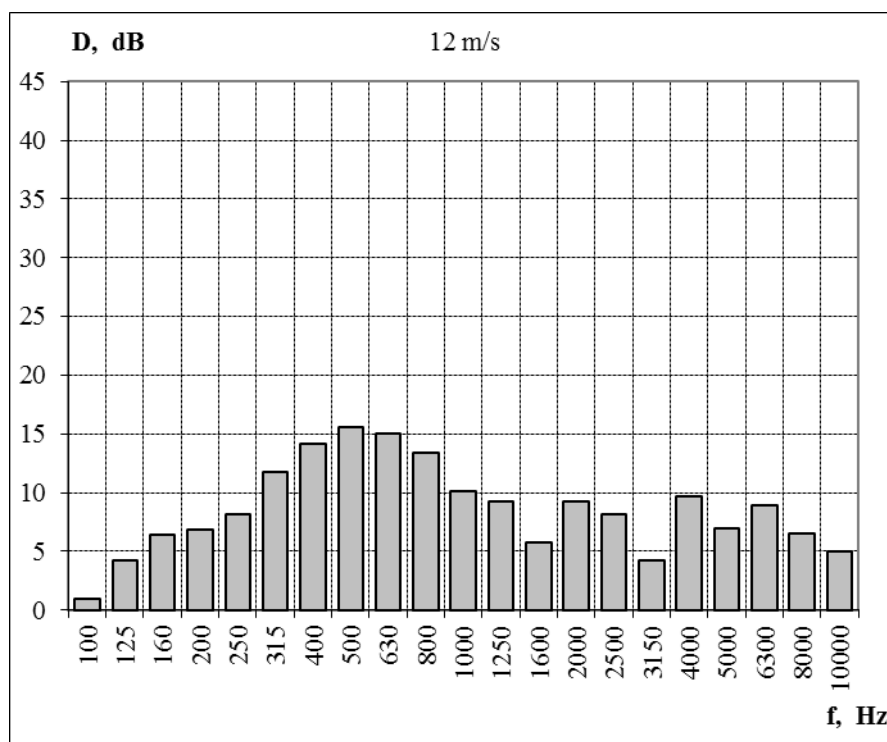
Rys. 6. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=10\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013		strona: 11 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500		
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620		

Tablica 9

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-355-500,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=12\text{m/s}$**

f	L_{wI}	L_{wII}	D_i
Hz	dB		
100	73,5	74,5	1,0
125	75,3	79,6	4,2
160	79,1	85,4	6,4
200	77,8	84,7	6,9
250	77,1	85,3	8,2
315	72,6	84,4	11,7
400	71,7	85,8	14,2
500	77,2	92,8	15,6
630	77,8	92,8	15,0
800	78,3	91,7	13,4
1000	81,9	92,0	10,1
1250	81,3	90,6	9,3
1600	84,2	89,9	5,7
2000	75,9	85,1	9,3
2500	77,7	85,9	8,2
3150	85,0	89,3	4,3
4000	79,7	89,4	9,7
5000	83,7	90,6	6,9
6300	81,1	90,1	8,9
8000	83,8	90,3	6,6
10000	82,2	87,2	5,0
D_{iA}, dB	8,3		



Rys. 7. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=12\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013										strona: 12 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500										
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620										

4.2 SZUM WŁASNY:

Poziom mocy akustycznej przepływu (szumu własnego) w tłumiku obliczono wg zależności:

$$L_W = \overline{L}_p + D_{td} + C, \text{ gdzie:}$$

$\overline{L}_p$ – energetycznie uśredniony poziom ciśnienia akustycznego (bez korekty na tło), dB,

D_{td} – tłumienie przenoszenia na końcu kanału przyłączonego do komory pogłosowej; dla stanowiska badawczego ITC $D_{td}=0$ dB,

C – różnica poziomów mocy akustycznej promieniowanej do komory pogłosowej oraz uśrednionego ciśnienia akustycznego w komorze pogłosowej, dB.

Tablica 10

Poziom mocy akustycznej przepływu tłumika SIL-100-355-500

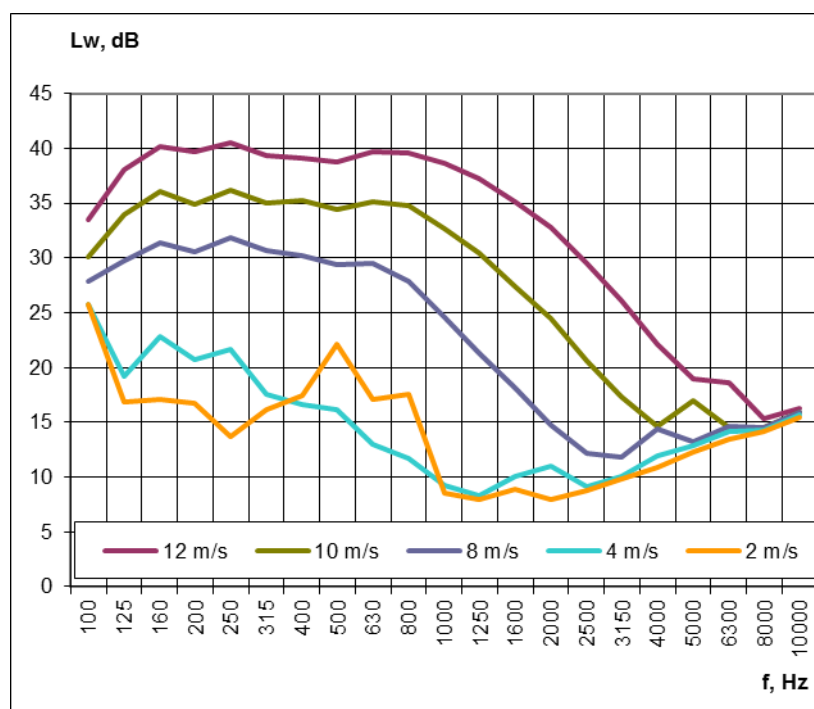
f, Hz	Prędkość w przekroju wlotowym tłumika														
	v=2, m/s			v=4m/s			v=8m/s			v=10 m/s			v=12m/s		
	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W
	dB														
100	21,4	4,4	25,8	21,4	4,4	25,8	23,5	4,4	27,9	25,7	4,4	30,1	29,1	4,4	33,5
125	12,8	4,1	16,9	15,2	4,1	19,3	25,7	4,1	29,8	29,9	4,1	34,0	33,9	4,1	38,0
160	13,0	4,1	17,1	18,8	4,1	22,9	27,2	4,1	31,4	32,0	4,1	36,1	36,1	4,1	40,2
200	13,1	3,6	16,7	17,1	3,6	20,7	27,0	3,6	30,6	31,3	3,6	35,0	36,1	3,6	39,7
250	10,4	3,3	13,7	18,4	3,3	21,7	28,6	3,3	31,8	33,0	3,3	36,2	37,3	3,3	40,6
315	13,1	3,0	16,1	14,6	3,0	17,6	27,7	3,0	30,8	32,1	3,0	35,1	36,4	3,0	39,4
400	14,4	3,0	17,4	13,6	3,0	16,6	27,2	3,0	30,3	32,2	3,0	35,2	36,1	3,0	39,1
500	19,1	3,0	22,2	13,2	3,0	16,2	26,4	3,0	29,4	31,5	3,0	34,5	35,8	3,0	38,8
630	13,8	3,3	17,1	9,7	3,3	12,9	26,2	3,3	29,5	31,9	3,3	35,2	36,4	3,3	39,7
800	14,2	3,3	17,6	8,4	3,3	11,7	24,5	3,3	27,9	31,5	3,3	34,8	36,3	3,3	39,6
1000	5,2	3,3	8,5	6,0	3,3	9,3	21,2	3,3	24,6	29,3	3,3	32,7	35,3	3,3	38,6
1250	4,3	3,6	7,9	4,7	3,6	8,3	17,7	3,6	21,3	26,8	3,6	30,5	33,6	3,6	37,2
1600	4,8	4,1	8,9	6,1	4,1	10,1	14,1	4,1	18,1	23,4	4,1	27,4	31,1	4,1	35,2
2000	3,9	4,1	8,0	6,9	4,1	11,0	10,7	4,1	14,7	20,4	4,1	24,5	28,8	4,1	32,9
2500	4,6	4,3	8,8	4,8	4,3	9,1	7,9	4,3	12,2	16,4	4,3	20,7	25,2	4,3	29,5
3150	5,1	4,7	9,8	5,4	4,7	10,1	7,1	4,7	11,8	12,6	4,7	17,3	21,3	4,7	26,1
4000	5,5	5,4	10,9	6,5	5,4	11,9	9,0	5,4	14,4	9,3	5,4	14,7	16,7	5,4	22,1
5000	6,1	6,3	12,4	6,6	6,3	12,9	7,0	6,3	13,2	10,7	6,3	17,0	12,7	6,3	18,9
6300	6,1	7,3	13,5	6,9	7,3	14,2	7,3	7,3	14,6	7,1	7,3	14,5	11,3	7,3	18,6
8000	5,6	8,6	14,2	5,7	8,6	14,3	5,9	8,6	14,5	6,0	8,6	14,6	6,7	8,6	15,3
10000	5,2	10,2	15,5	5,4	10,2	15,7	5,6	10,2	15,9	5,7	10,2	16,0	6,1	10,2	16,3
L_{WA}	25,5 ²			24,7 ²			35,1			41,3			46,7		

² Górna granica poziomu mocy akustycznej

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013	strona: 13 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500	
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620	

Zgodnie p. 8.1.4 PN-EN ISO 3741:2010 określono poziom mocy szumu przepływu w tłumiku z uwzględnieniem wszystkich pasm pomiarowych oraz z pominięciem pasm, dla których różnica pomiędzy poziomem hałasu przepływu i poziomem tła akustycznego jest mniejsza niż 10 dB.

Jeżeli różnica pomiędzy poziomami mocy akustycznej wyznaczona obydwoma metodami nie przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że **poziom mocy określono zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010**. Jeśli ta różnica przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że wyznaczony **poziom mocy akustycznej jest określony zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010 i reprezentuje górną granicę dla poziomu mocy akustycznej szumu przepływu badanego tłumika**.



Rys. 8.: Widmo poziomu mocy akustycznej tłumika SIL-100-355-500

4.3 WSPÓŁCZYNNIK STRAT CIŚNIENIA:

Profil prędkości w kanałach pomiarowych przed badanym tłumikiem spełniał wymagania normy PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2.1 średnią prędkość czynnika na wlocie badanego tłumika v_f wyznaczono na podstawie pomiaru w kanale pomiarowym przed tłumikiem.

Zgodnie z PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2 wykonano dwie serie badań:

- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym badanym obiektem $p_{s1(I)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,
- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym kanałem zastępczym $p_{s1(II)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,

określając współczynnik strat ciśnienia całkowitego ζ .

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013		strona: 14 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500		
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620		

Tablica 11

Straty ciśnienia w tłumiku								
Lp.	wartości założone		wartości rzeczywiste					ζ
	v_f m/s	q_v m ³ /s	v_f m/s	q_v m ³ /s	$p_{t(\text{tłumika})}$ Pa	$p_{t(\text{kanalu})}$ Pa	Δp_{tot} Pa	
1	12,0	1,1878	12,0	1,1887	136,09	136,06	0,03	0,00
2	10,0	0,9898	9,9	0,9839	93,98	93,52	0,46	
3	8,0	0,7918	7,9	0,7829	59,58	59,53	0,04	
4	4,0	0,3959	4,0	0,3929	14,68	14,88	-	
5	2,0	0,1980	2,0	0,2009	2,92	3,39	-	

W powyższej tablicy zastosowano oznaczenia:

- v_f – prędkość przed badanym obiektem (jest równoważna prędkości w tłumiku), m/s,
 q_v – strumień objętości, m³/s,
 $p_{t(\text{tłumika})}$ – ciśnienie całkowite w tłumiku, Pa,
 $p_{t(\text{kanalu})}$ – ciśnienie całkowite w kanale, Pa,
 Δp_{tot} – strata ciśnienia całkowitego, Pa.

Zgodnie z p. 6.5.2.1 wykonano pomiary dla pięciu różnych strumieni objętości przepływu. Do określenia współczynnika strat ciśnienia całkowitego ζ wzięto pod uwagę tylko te wartości strumienia przepływu, które wywołały różnicę ciśnienia większą, niż 10Pa. Jeżeli różnica ciśnień była mniejsza lub równa 10Pa, nie określano również straty ciśnienia całkowitego Δp_{tot} .

4. NIEPEWNOŚĆ POMIARU:

Zgodnie z normą PN-EN ISO 7235:2009 Tablica 7 przyjęto, że górne wartości odchylenia standartowego odtwarzalności σ_R wyznaczonych poziomów mocy akustycznej badanego tłumika wynoszą:

f, Hz	σ_R , dB
100	1,5
125÷500	1
630÷1250	2
1600÷10000	3

W trakcie realizacji badań Laboratorium przestrzegało procedury pomiarowej zgodnej z normą PN-EN ISO 7235:2009, spełniając warunek wymagany dokumentem EA-04/16 „Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych”.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 05/2013	strona: 15 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-355-500	
	Załącznik nr 5 do sprawozdania 8620	

Inne informacje dotyczące badania:

- Ponieważ własności akustyczne zastosowanych przejść nie mogą być pominięte, tłumienie wtrącenia dotyczy badanego tłumika z zastosowanymi przejściami.
- Ustawienie parametrów przepływowych zostało wykonane zgodnie z najlepszą dostępną techniką, z zachowaniem wymagań normy PN-EN ISO 5801:2008. Prezentowane wyniki odnoszą się do wartości prędkości przepływu strumienia powietrza, uzyskanych w trakcie pomiarów i nie wpływają na wyznaczone wartości tłumienia wtrącenia oraz poziomu mocy akustycznej szumu własnego przepływu badanego tłumika.

Badania wykonał:
J. Jaworski

.....

Laboratorium oświadcza, że wyniki badania odnoszą się wyłącznie do badanego tłumika SIL-100-355-500, wybranego i dostarczonego przez Zleceniodawcę. Bez pisemnej zgody Laboratorium niniejsze sprawozdanie nie może być powielane inaczej jak tylko w całości.



SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013

Badanie aeroakustyczne tłumika

SIL-100-250-1000

Miejsce wykonania badań: Laboratorium OTC

Data udostępnienia obiektu do badań: 31.07.2013

Data wykonania badań: 21.10.2013 ÷ 23.10.2013

Data wydania sprawozdania z badań: 06.12.2013

stron: 14

rys: 8

tablic: 11

Nazwa i adres Zamawiającego:

ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
Aleja Krakowska 10
05-552 Wola Mrokwoska

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013		strona: 2 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000		
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620		

ZAMAWIAJĄCY: ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
05-552 Wola Mrokowska, Aleja Krakowska 10.

1. DANE TECHNICZNE BADANEGO OBIEKTU:



Rys. 1.: Badany tłumik

Nazwa/typ	SIL-100-250-1000	
Długość	mm	1000
Średnica przyłącza	mm	250
Pole przekroju wlotowego	m ²	0,0491
Pole przekroju swobodnego	m ²	0,0491

2. METODA BADAWCZA I APARATURA POMIAROWA:

Zastosowana metoda pomiaru: metoda pomiaru w komorze pogłosowej zgodnie z normami PN-EN ISO 7235:2009 „Akustyka. Metody laboratoryjne pomiaru tłumików kanałowych oraz elementów końcowych. Tłumienie wtrącenia, hałas przepływu i strata ciśnienia całkowitego”.

PN-EN ISO 3741:2010 „Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metody dokładne w komorach pogłosowych”.

Sposób wyznaczenia poziomu ciśnienia akustycznego: metoda pomiaru w punktach, rozłożonych równomiernie, na określonym torze pomiarowym o długości obwodu 10 m.

Pomiary tła: pomiaru dokonywano w tych samych punktach, w których wykonano pomiary właściwe.

Sposób wyznaczenia strumienia objętości: zgodnie z normą PN-EN ISO 5801:2008 „Wentylatory przemysłowe – Badanie charakterystyk działania na stanowiskach znormalizowanych”.

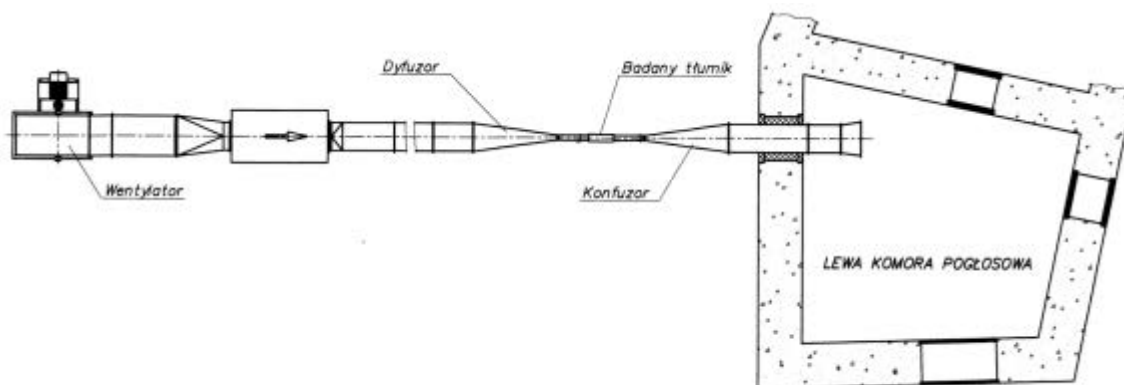
Sposób wyznaczenia współczynnika strat ciśnienia: za pomocą przetwornika mierzono różnice ciśnień przed i za badanym tłumikiem (oraz przed i za kanałem zastępczym). Wartości różnicy ciśnień były zbierane i zapisywane z użyciem programu GeniDAQ.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013		strona: 3 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000		
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620		

Aparatura pomiarowa:

Nazwa		Typ	Producent	Nr fab.	Data ważności świadczenia wzorcowania / sprawdzenia
Zestaw pomiarowy 2144/07/ kanał A	analizator	2144	Brüel & Kjær	1765615	01.2014
	mikrofon	4942	Brüel & Kjær	2647435	
	przedwzmacniacz	2669	Brüel & Kjær	1936057	
Tor głośnikowy	zestaw głośników 8Ω	zestaw specjalny	Tonsil S.A	–	–
	generator szumu	NRG-201	RFT	21180	10.2015
	wzmacniacz mocy	WS 703	Fonica	688276	10.2015
	wzmacniacz pomiarowy	2610	Brüel & Kjær	1146588	05.2015
Kalibrator akustyczny		4231	Brüel & Kjær	2686649	08.2015
Termohigrometr		HD2717T.D0	DeltaOHM	11032846	01.2014
Barometr		HD 9908T	Delta OHM	11002854	02.2014
Czujnik termometru rezystancyjnego		TP-964-1-300	Czaki Thermo- -Product	R063969	-
Ramię obrotowe mikrofonu		3923	Brüel & Kjær	02307038	–
Źródło mocy akustycznej		4205	Brüel & Kjær	1775038	02.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		IPA-01	ZAP S.A.	00050193	12.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		HD404T	Delta OHM	10035709	02.2014
Sonda Prandtla		T2 - 600	Delta OHM	–	-
Stacja akwizycji danych		SAD-ADAM	ITC	02/2006	–
Komputer PC z programem GeniDAQ		PC	–	–	–

3. STANOWISKO BADAWCZE I WARUNKI REALIZACJI BADAŃ:



Rys. 2. Schemat stoiska badawczego.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013		strona: 4 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000		
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620		

PARAMETRY STANOWISKA BADAWCZEGO		
Kanał pomiarowy przed tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	17,8
Kanał pomiarowy za tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	4,4
Częstotliwość graniczna pierwszego modu poprzecznego	Hz	338
Kanał przejściowy 700x700/Ø250	m	1,8
Kanał pomiarowy Ø250	m	0,8
Element transmisyjny		
Wymiar poprzeczny 1	mm	700 x 700
Wymiar poprzeczny 2	mm	840 x 840
Długość	mm	500

Tablica 1

Współczynnik odbicia elementu transmisyjnego stanowiska

Współczynnik odbicia r	Częstotliwość środkowa, Hz					
	50	63	80	100	125	>160
	0,75	0,59	0,56	0,50	0,31	0,19

Tablica 2

Tłumienie graniczne D_{gr} stanowiska z badanym tłumikiem

f _{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400
D _{gr} , dB	27,7	27,9	32,3	35,0	37,0	43,2	47,7
f _{sr} , Hz	500	630	800	1000	1250	1600	2000
D _{gr} , dB	44,8	44,1	47,0	49,0	48,4	52,4	53,1
f _{sr} , Hz	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
D _{gr} , dB	51,6	57,2	55,7	55,4	45,9	53,0	54,5

KOMORA POGŁOSOWA		
Objętość V	m ³	237
Całkowita powierzchnia przegród S	m ²	231,5
Płaszczyzny ograniczające komorę	Wszystkie płaszczyzny nierównoległe	
Elementy rozpraszające	Dyfuzor	

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013										strona: 5 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000										
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620										

Tablica 3

Czas pogłosu T komory

21.10.2013	f_{sr}, Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T, s	5,43	4,21	4,70	4,87	5,19	5,20	5,24	5,20	4,91	4,80	4,68
	δ _M	0,69	0,24	0,31	0,29	0,23	0,16	0,10	0,11	0,11	0,06	0,04
	f_{sr}, Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T, s	4,41	3,97	3,91	3,76	3,46	2,98	2,48	2,00	1,52	1,12	
	δ _M	0,05	0,05	0,03	0,04	0,06	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	

W powyższej tablicy (Tabela 3) zastosowano oznaczenia:

T – wyznaczony czas pogłosu komory Laboratorium Aeroakustyki ITC z wyprowadzonym wylotem stanowiska badawczego,

U_{A,95} – niepewność rozszerzona pomiaru typu A, wyznaczona metodą t-Studenta dla współczynnika rozszerzenia t_{95%}=2,201, v_{eff} stopni swobody i poziomu ufności p=95%.

Dla całego zakresu pomiarowego czas pogłosu **T** jest zgodny według kryterium normy PN-EN ISO 3741:2011.

Tablica 4

Warunki środowiskowe

		21.10.2013		23.10.2013	
		przed pomiarem	po pomiarze	przed pomiarem	po pomiarze
temperatura	°C	12,8	12,5	14,5	13,3
wilgotność	%	91,9	89,8	91,0	94,7
ciśnienie atmosferyczne	hPa	990	990	986	986

Kalibracja toru pomiarowego zestaw pomiarowy był kalibrowany przed pomiarem i po jego zakończeniu kalibratorem akustycznym (wg świadectwa wzorcowania L_{pref} =(94,08±0,09) dB w warunkach odniesienia, tj. przy temperaturze 23°C i dla ciśnienia 1013,25 hPa, wilgotność względna 50%).

Data	Zestaw pomiarowy	Przed pomiarami		Po pomiarach	
		L _{p ref}	Poprawka kalibracyjna	L _{p ref}	Poprawka kalibracyjna
dd.mm.yyyy	–	dB			
21.10.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,42	94,08	0,41
23.10.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,40	94,08	0,42

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013		strona: 6 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000		
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620		

4. POMIARY AEROAKUSTYCZNE TŁUMIKA:

4.1 TŁUMIENIE WTRĄCENIA:

Wartości tłumienia obliczono wg zależności:

$D_i = L_{WI} - L_{WII}$; gdzie:

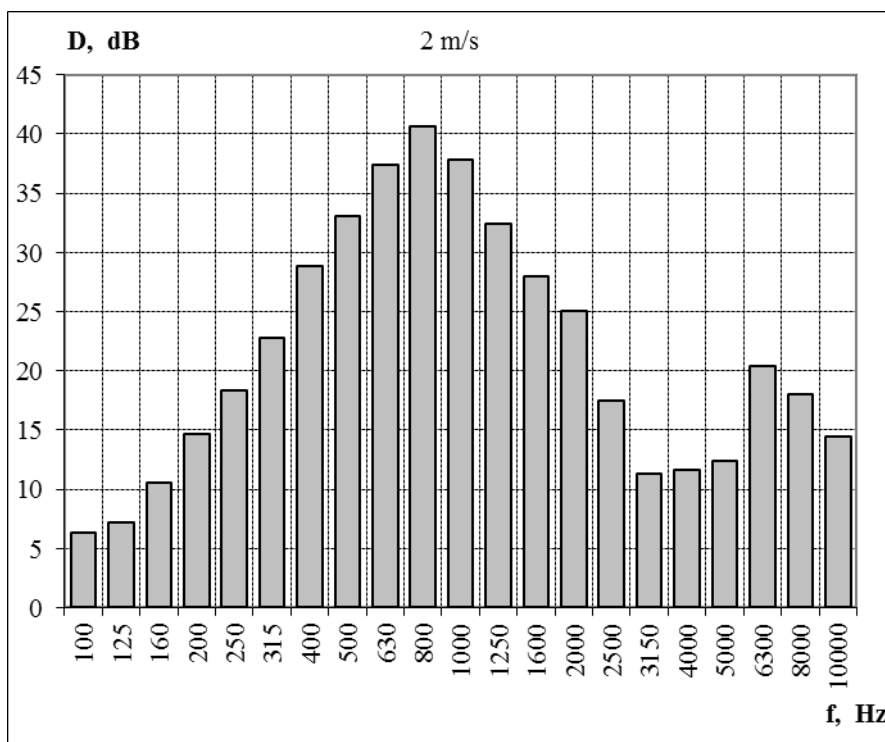
L_{WI} – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z kanałem zastępczym, dB,

L_{WII} – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z badanym tłumikiem, dB.

Tablica 5

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-250-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=2\text{m/s}$**

f	L_{WI}	L_{WII}	D_i
Hz	dB		
100	67,0	73,3	6,3
125	71,7	78,8	7,2
160	73,7	84,2	10,6
200	70,9	85,6	14,7
250	67,1	85,4	18,4
315	61,7	84,5	22,8
400	55,9	84,8	28,8
500	58,8	91,9	33,0
630	54,6	92,0	37,4
800	49,8	90,4	40,6
1000	53,9	91,7	37,8
1250	54,2	86,7	32,5
1600	59,1	87,1	27,9
2000	58,4	83,4	25,0
2500	65,6	83,1	17,4
3150	75,8	87,1	11,3
4000	74,9	86,5	11,6
5000	76,2	88,6	12,4
6300	65,7	86,1	20,4
8000	69,5	87,5	18,0
10000	70,5	85,0	14,5
D_{iA}, dB	17,5		



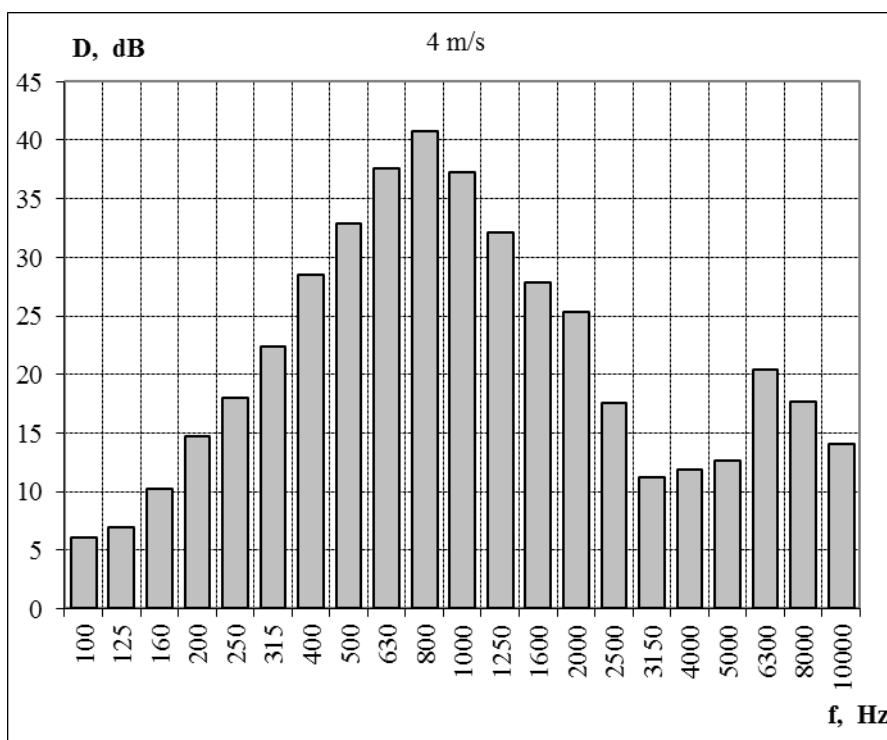
Rys. 3. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=2\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013		strona: 7 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000		
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620		

Tablica 6

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-250-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=4\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WII}	D _i
Hz	dB		
100	67,2	73,3	6,0
125	71,9	78,9	7,0
160	73,9	84,1	10,2
200	70,8	85,5	14,7
250	67,3	85,3	18,0
315	61,9	84,2	22,3
400	56,2	84,7	28,5
500	59,0	91,8	32,9
630	54,4	92,0	37,5
800	49,7	90,4	40,8
1000	54,4	91,6	37,2
1250	54,6	86,7	32,2
1600	59,1	86,9	27,8
2000	58,3	83,6	25,3
2500	65,6	83,1	17,5
3150	75,8	87,0	11,2
4000	74,8	86,7	11,8
5000	76,4	89,0	12,6
6300	65,7	86,2	20,4
8000	70,0	87,7	17,7
10000	71,1	85,1	14,1
D_{iA}, dB	17,4		



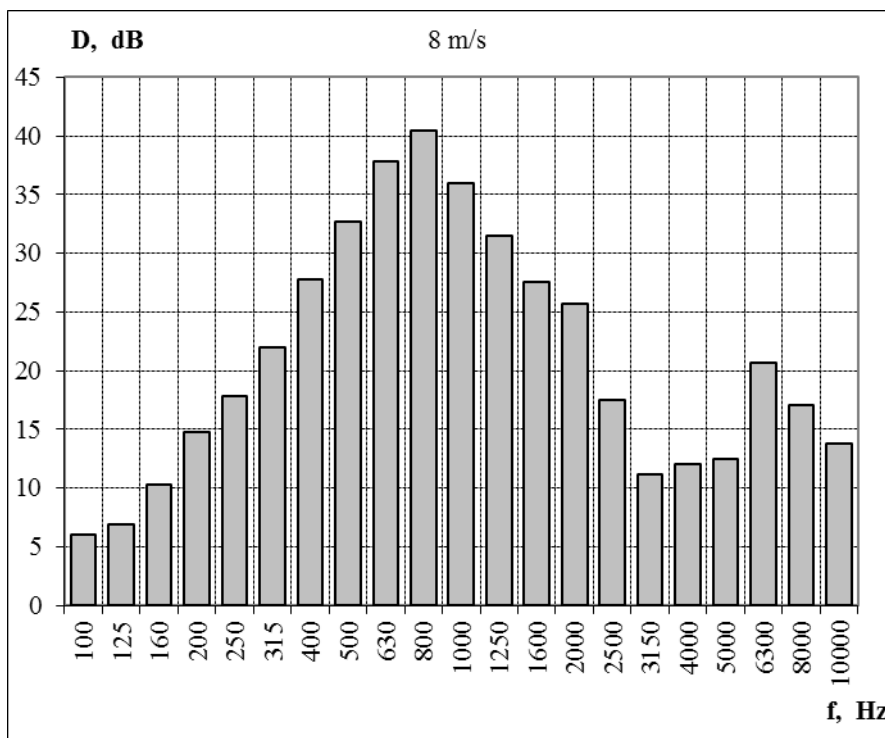
Rys. 4. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=4\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013		strona: 8 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000		
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620		

Tablica 7

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-250-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=8\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	67,5	73,4	6,0
125	72,1	79,1	6,9
160	74,0	84,3	10,3
200	70,9	85,7	14,8
250	67,7	85,5	17,8
315	62,4	84,4	22,0
400	56,8	84,7	27,8
500	59,1	91,8	32,7
630	54,3	92,1	37,8
800	50,1	90,5	40,4
1000	55,7	91,7	36,0
1250	55,3	86,8	31,5
1600	59,4	86,9	27,6
2000	57,9	83,6	25,7
2500	65,6	83,0	17,5
3150	75,9	87,1	11,2
4000	74,7	86,8	12,1
5000	76,6	89,1	12,5
6300	65,6	86,3	20,7
8000	70,7	87,8	17,1
10000	71,6	85,3	13,8
D_{iA}, dB	17,4		



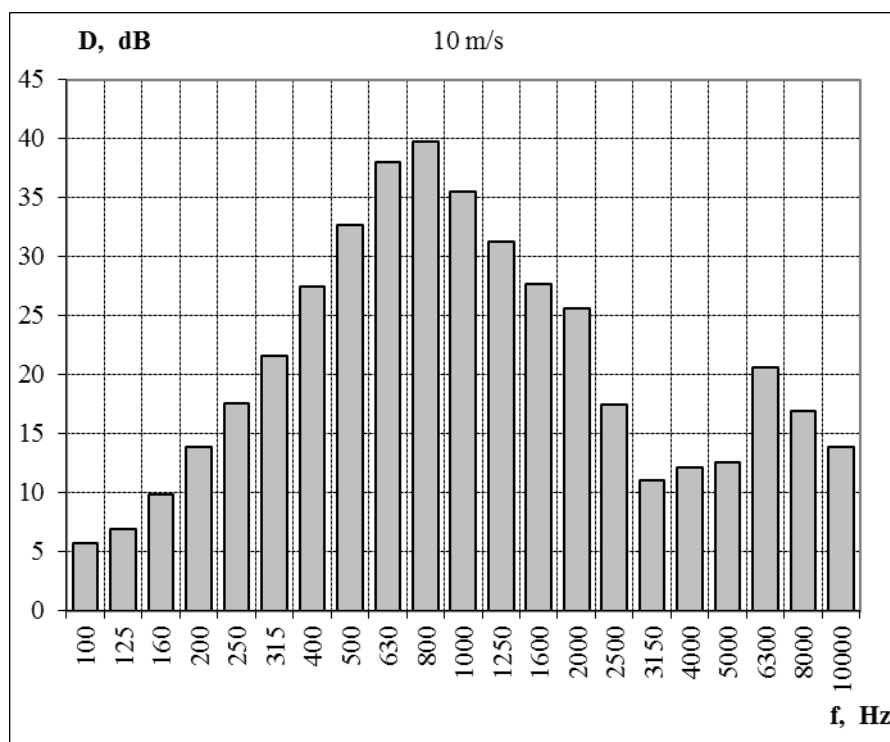
Rys. 5. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=8\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013		strona: 9 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000		
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620		

Tablica 8

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-250-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=10\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WH}	D _i
Hz	dB		
100	67,8	73,5	5,7
125	72,3	79,3	6,9
160	74,2	84,1	9,9
200	71,4	85,2	13,9
250	67,8	85,4	17,6
315	62,7	84,3	21,7
400	57,3	84,7	27,5
500	59,0	91,7	32,7
630	54,0	92,0	38,0
800	50,7	90,5	39,8
1000	56,3	91,8	35,5
1250	55,6	86,8	31,2
1600	59,3	87,0	27,7
2000	57,8	83,4	25,7
2500	65,6	83,1	17,4
3150	76,1	87,2	11,1
4000	74,7	86,8	12,1
5000	76,5	89,1	12,6
6300	65,9	86,5	20,7
8000	71,1	88,0	16,9
10000	71,6	85,5	13,9
D_{iA}, dB	17,3		



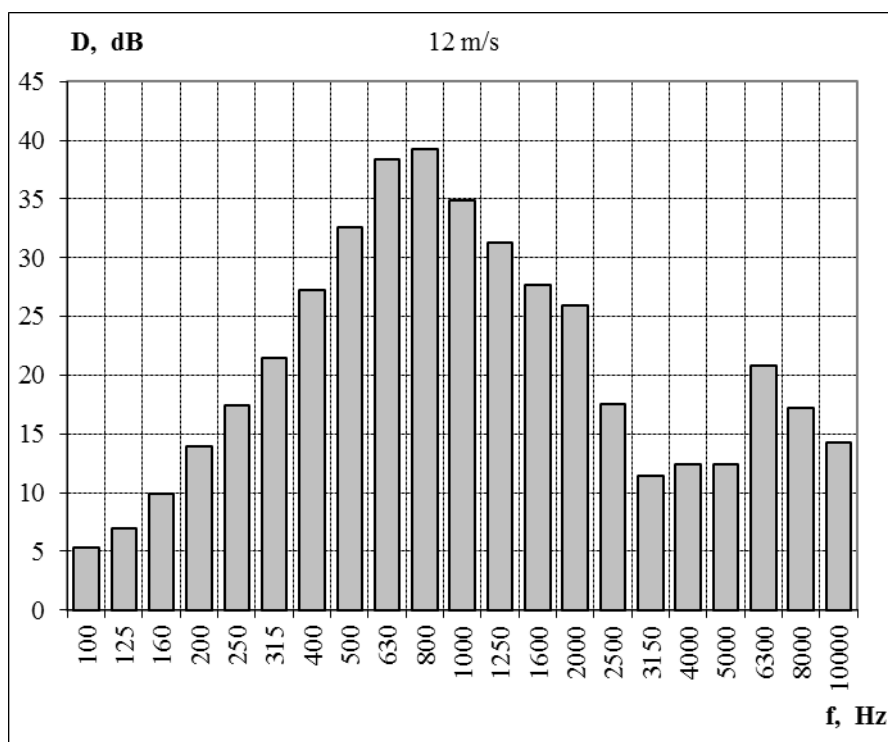
Rys. 6. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=10\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013		strona: 10 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000		
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620		

Tablica 9

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-250-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=12\text{m/s}$**

f	L_{wI}	L_{wII}	D_i
Hz	dB		
100	68,3	73,5	5,3
125	72,4	79,3	6,9
160	74,4	84,3	9,9
200	71,5	85,5	14,0
250	68,1	85,5	17,5
315	63,0	84,4	21,4
400	57,6	84,8	27,3
500	59,3	91,8	32,6
630	53,9	92,3	38,4
800	51,5	90,7	39,2
1000	56,9	91,8	34,9
1250	55,6	86,9	31,3
1600	59,4	87,1	27,7
2000	57,4	83,3	25,9
2500	65,6	83,2	17,5
3150	76,1	87,5	11,4
4000	74,7	87,1	12,4
5000	76,9	89,3	12,5
6300	66,1	86,9	20,8
8000	71,2	88,4	17,2
10000	71,5	85,8	14,3
D_{iA}, dB	17,4		



Rys. 7. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=12\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013											strona: 11 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000											
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620											

4.2 SZUM WŁASNY:

Poziom mocy akustycznej przepływu (szumu własnego) w tłumiku obliczono wg zależności:

$$L_W = \overline{L}_p + D_{td} + C, \text{ gdzie:}$$

$\overline{L}_p$ – energetycznie uśredniony poziom ciśnienia akustycznego (bez korekty na tło), dB,

D_{td} – tłumienie przenoszenia na końcu kanału przyłączonego do komory pogłosowej; dla stanowiska badawczego ITC $D_{td}=0$ dB,

C – różnica poziomów mocy akustycznej promieniowanej do komory pogłosowej oraz uśrednionego ciśnienia akustycznego w komorze pogłosowej, dB.

Tablica 10

Poziom mocy akustycznej przepływu tłumika SIL-100-250-1000

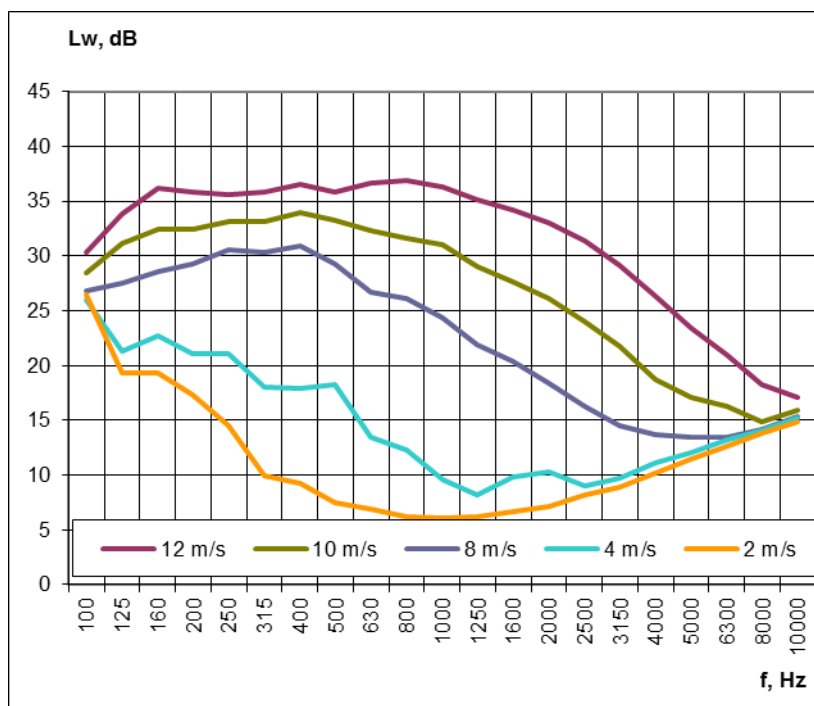
f, Hz	Prędkość w przekroju wlotowym tłumika														
	v=2, m/s			v=4m/s			v=8m/s			v=10 m/s			v=12m/s		
	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W
	dB														
100	22,5	3,9	26,5	22,1	3,9	26,0	22,9	4,0	26,9	24,5	4,0	28,5	26,4	4,0	30,3
125	14,5	4,8	19,3	16,6	4,8	21,4	22,8	4,8	27,6	26,4	4,8	31,2	29,0	4,8	33,9
160	15,3	4,1	19,4	18,6	4,1	22,7	24,5	4,1	28,6	28,4	4,1	32,4	32,1	4,1	36,2
200	13,6	3,8	17,3	17,3	3,8	21,0	25,5	3,8	29,3	28,7	3,8	32,4	32,2	3,8	35,9
250	11,2	3,3	14,5	17,8	3,3	21,1	27,2	3,3	30,5	29,9	3,3	33,2	32,3	3,3	35,6
315	6,8	3,2	10,0	14,8	3,2	18,0	27,1	3,2	30,3	30,0	3,2	33,2	32,6	3,2	35,8
400	6,2	3,0	9,3	14,8	3,0	17,9	27,9	3,0	31,0	31,0	3,0	34,0	33,5	3,0	36,5
500	4,5	3,0	7,5	15,3	3,0	18,3	26,3	3,0	29,3	30,3	3,0	33,3	32,8	3,0	35,8
630	3,8	3,2	6,9	10,3	3,2	13,4	23,5	3,2	26,7	29,2	3,2	32,4	33,5	3,2	36,7
800	3,0	3,2	6,3	9,1	3,2	12,3	22,9	3,2	26,1	28,5	3,2	31,7	33,6	3,2	36,9
1000	2,7	3,3	6,0	6,3	3,3	9,6	21,1	3,3	24,4	27,8	3,3	31,1	33,1	3,3	36,4
1250	2,7	3,5	6,2	4,7	3,5	8,2	18,3	3,5	21,9	25,5	3,5	29,1	31,6	3,5	35,2
1600	2,7	4,0	6,7	5,9	4,0	9,8	16,4	4,0	20,3	23,7	4,0	27,7	30,3	4,0	34,3
2000	3,1	4,0	7,1	6,3	4,0	10,3	14,4	4,0	18,4	22,2	4,0	26,2	29,1	4,0	33,1
2500	4,0	4,2	8,2	4,9	4,2	9,1	12,1	4,2	16,3	19,9	4,2	24,1	27,2	4,2	31,4
3150	4,4	4,5	8,9	5,2	4,5	9,8	9,9	4,5	14,5	17,2	4,5	21,8	24,7	4,5	29,2
4000	5,0	5,2	10,2	5,9	5,2	11,2	8,5	5,2	13,7	13,6	5,2	18,8	21,1	5,2	26,3
5000	5,5	6,0	11,5	6,0	6,0	12,1	7,4	6,1	13,5	11,0	6,1	17,1	17,4	6,1	23,4
6300	5,6	7,0	12,7	6,1	7,0	13,2	6,5	7,0	13,5	9,2	7,0	16,2	13,9	7,0	21,0
8000	5,5	8,3	13,9	5,7	8,3	14,0	5,9	8,3	14,2	6,5	8,3	14,8	10,0	8,3	18,3
10000	5,1	9,8	14,9	5,4	9,8	15,2	5,6	9,8	15,4	6,1	9,8	15,9	7,3	9,8	17,1
L_{WA}	22,0 ¹			24,8 ²			34,6			39,8			44,8		

¹ Górna granica poziomu mocy akustycznej

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013	strona: 12 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000	
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620	

Zgodnie p. 8.1.4 PN-EN ISO 3741:2010 określono poziom mocy szumu przepływu w tłumiku z uwzględnieniem wszystkich pasm pomiarowych oraz z pominięciem pasm, dla których różnica pomiędzy poziomem hałasu przepływu i poziomem tła akustycznego jest mniejsza niż 10 dB.

Jeżeli różnica pomiędzy poziomami mocy akustycznej wyznaczona obydwoma metodami nie przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że **poziom mocy określono zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010**. Jeśli ta różnica przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że wyznaczony **poziom mocy akustycznej jest określony zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010 i reprezentuje górną granicę dla poziomu mocy akustycznej szumu przepływu badanego tłumika**.



Rys. 8.: Widmo poziomu mocy akustycznej tłumika SIL-100-250-1000

4.3 WSPÓŁCZYNNIK STRAT CIŚNIENIA:

Profil prędkości w kanałach pomiarowych przed badanym tłumikiem spełniał wymagania normy PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2.1 średnią prędkość czynnika na wlocie badanego tłumika v_f wyznaczono na podstawie pomiaru w kanale pomiarowym przed tłumikiem.

Zgodnie z PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2 wykonano dwie serie badań:

- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym badanym obiektem $p_{s1(I)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,
- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym kanałem zastępczym $p_{s1(II)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,

określając współczynnik strat ciśnienia całkowitego ζ .

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013		strona: 13 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000		
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620		

Tablica 11

Straty ciśnienia w tłumiku								
Lp.	wartości założone		wartości rzeczywiste					ζ
	v_f m/s	q_v m ³ /s	v_f m/s	q_v m ³ /s	$p_{t(\text{tłumika})}$ Pa	$p_{t(\text{kanalu})}$ Pa	Δp_{tot} Pa	
1	12,0	0,5892	12,0	0,5866	162,49	152,67	9,83	0,13
2	10,0	0,4910	10,1	0,4943	114,49	104,75	9,74	
3	8,0	0,3928	8,0	0,3902	72,71	68,22	4,49	
4	4,0	0,1964	4,0	0,1944	17,77	14,95	-	
5	2,0	0,0982	1,9	0,0942	3,10	3,00	-	

W powyższej tablicy zastosowano oznaczenia:

- v_f – prędkość przed badanym obiektem (jest równoważna prędkości w tłumiku), m/s,
 q_v – strumień objętości, m³/s,
 $p_{t(\text{tłumika})}$ – ciśnienie całkowite w tłumiku, Pa,
 $p_{t(\text{kanalu})}$ – ciśnienie całkowite w kanale, Pa,
 Δp_{tot} – strata ciśnienia całkowitego, Pa.

Zgodnie z p. 6.5.2.1 wykonano pomiary dla pięciu różnych strumieni objętości przepływu. Do określenia współczynnika strat ciśnienia całkowitego ζ wzięto pod uwagę tylko te wartości strumienia przepływu, które wywołały różnicę ciśnienia większą, niż 10Pa. Jeżeli różnica ciśnień była mniejsza lub równa 10Pa, nie określano również straty ciśnienia całkowitego Δp_{tot} .

4. NIEPEWNOŚĆ POMIARU:

Zgodnie z normą PN-EN ISO 7235:2009 Tablica 7 przyjęto, że górne wartości odchylenia standartowego odtwarzalności σ_R wyznaczonych poziomów mocy akustycznej badanego tłumika wynoszą:

f, Hz	σ_R , dB
100	1,5
125÷500	1
630÷1250	2
1600÷10000	3

W trakcie realizacji badań Laboratorium przestrzegało procedury pomiarowej zgodnej z normą PN-EN ISO 7235:2009, spełniając warunek wymagany dokumentem EA-04/16 „Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych”.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 06/2013	strona: 14 stron: 14
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-250-1000	
	Załącznik nr 6 do sprawozdania 8620	

Inne informacje dotyczące badania:

- Ponieważ własności akustyczne zastosowanych przejść nie mogą być pominięte, tłumienie wtrącenia dotyczy badanego tłumika z zastosowanymi przejściami.
- Ustawienie parametrów przepływowych zostało wykonane zgodnie z najlepszą dostępną techniką, z zachowaniem wymagań normy PN-EN ISO 5801:2008. Prezentowane wyniki odnoszą się do wartości prędkości przepływu strumienia powietrza, uzyskanych w trakcie pomiarów i nie wpływają na wyznaczone wartości tłumienia wtrącenia oraz poziomu mocy akustycznej szumu własnego przepływu badanego tłumika.

Badania wykonał:
J. Jaworski

.....

Laboratorium oświadcza, że wyniki badania odnoszą się wyłącznie do badanego tłumika SIL-100-250-1000, wybranego i dostarczonego przez Zleceniodawcę. Bez pisemnej zgody Laboratorium niniejsze sprawozdanie nie może być powielane inaczej jak tylko w całości.



SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013

Badanie aeroakustyczne tłumika

SIL-100-160-1000

Miejsce wykonania badań: Laboratorium OTC

Data udostępnienia obiektu do badań: 31.07.2013

Data wykonania badań: 25.10.2013 ÷ 14.11.2013

Data wydania sprawozdania z badań: 06.12.2013

stron: 15

rys: 8

tablic: 11

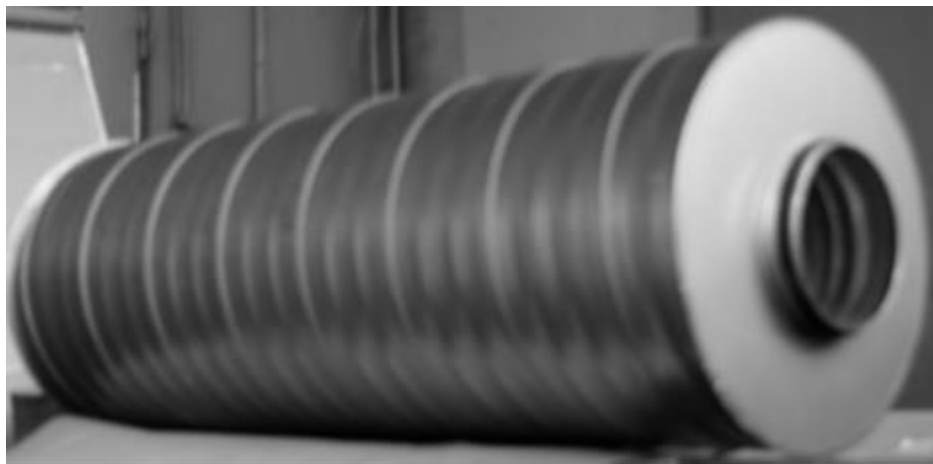
Nazwa i adres Zamawiającego:

ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
Aleja Krakowska 10
05-552 Wola Mrokwiska

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013	strona: 2 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000	
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620	

ZAMAWIAJĄCY: ALNOR – SYSTEMY WENTYLACJI Sp. z o. o.
05-552 Wola Mrokowska, Aleja Krakowska 10.

1. DANE TECHNICZNE BADANEGO OBIEKTU:



Rys. 1. Badany tłumik

Nazwa/typ	SIL-100-160-1000	
Długość	mm	1000
Średnica przyłącza	mm	160
Pole przekroju wlotowego	m ²	0,0201
Pole przekroju swobodnego	m ²	0,0201

2. METODA BADAWCZA I APARATURA POMIAROWA:

Zastosowana metoda pomiaru: metoda pomiaru w komorze pogłosowej zgodnie z normami PN-EN ISO 7235:2009 „Akustyka. Metody laboratoryjne pomiaru tłumików kanałowych oraz elementów końcowych. Tłumienie wtrącenia, hałas przepływu i strata ciśnienia całkowitego”.

PN-EN ISO 3741:2010 „Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metody dokładne w komorach pogłosowych”.

Sposób wyznaczenia poziomu ciśnienia akustycznego: metoda pomiaru w punktach, rozłożonych równomiernie, na określonym torze pomiarowym o długości obwodu 10 m.

Pomiary tła: pomiaru dokonywano w tych samych punktach, w których wykonano pomiary właściwe.

Sposób wyznaczenia strumienia objętości: zgodnie z normą PN-EN ISO 5801:2008 „Wentylatory przemysłowe – Badanie charakterystyk działania na stanowiskach znormalizowanych”.

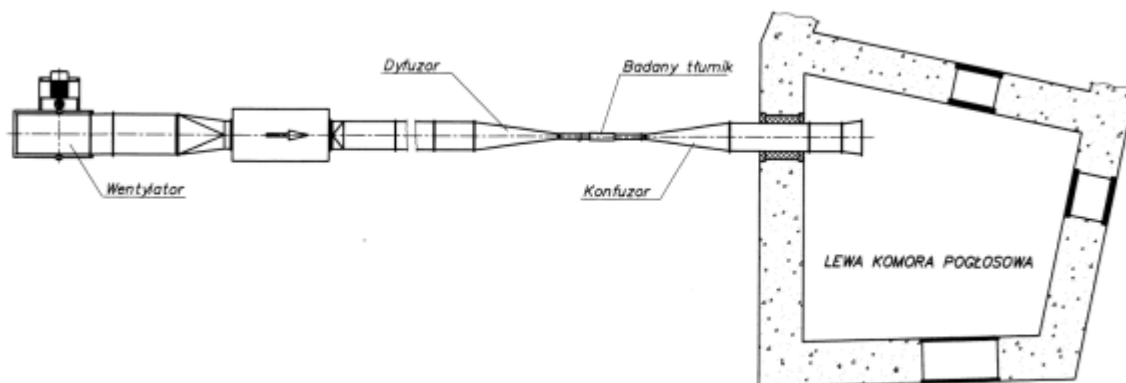
Sposób wyznaczenia współczynnika strat ciśnienia: za pomocą przetwornika mierzono różnice ciśnień przed i za badanym tłumikiem (oraz przed i za kanałem zastępczym). Wartości różnicy ciśnień były zbierane i zapisywane z użyciem programu GeniDAQ.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013		strona: 3 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000		
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620		

Aparatura pomiarowa:

Nazwa		Typ	Producent	Nr fab.	Data ważności świadczenia wzorcowania / sprawdzenia
Zestaw pomiarowy 2144/07/ kanał A	analizator	2144	Brüel & Kjær	1765615	01.2014
	mikrofon	4942	Brüel & Kjær	2647435	
	przedwzmacniacz	2669	Brüel & Kjær	1936057	
Tor głośnikowy	zestaw głośników 8Ω	zestaw specjalny	Tonsil S.A	–	–
	generator szumu	NRG-201	RFT	21180	10.2015
	wzmacniacz mocy	WS 703	Fonica	688276	10.2015
	wzmacniacz pomiarowy	2610	Brüel & Kjær	1146588	05.2015
Kalibrator akustyczny		4231	Brüel & Kjær	2686649	08.2015
Termohigrometr		HD2717T.D0	DeltaOHM	11032846	01.2014
Barometr		HD 9908T	Delta OHM	11002854	02.2014
Czujnik termometru rezystancyjnego		TP-964-1-300	Czaki Thermo- -Product	R063969	-
Ramię obrotowe mikrofonu		3923	Brüel & Kjær	02307038	–
Źródło mocy akustycznej		4205	Brüel & Kjær	1775038	02.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		IPA-01	ZAP S.A.	00050193	12.2014
Ciśnieniomierz elektroniczny		HD404T	Delta OHM	10035709	02.2014
Sonda Prandtla		T2 - 600	Delta OHM	–	-
Stacja akwizycji danych		SAD-ADAM	ITC	02/2006	–
Komputer PC z programem GeniDAQ		PC	–	–	–

3. STANOWISKO BADAWCZE I WARUNKI REALIZACJI BADAŃ:



Rys. 2. Schemat stoiska badawczego.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013		strona: 4 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000		
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620		

PARAMETRY STANOWISKA BADAWCZEGO		
Kanał pomiarowy przed tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	17,2
Kanał pomiarowy za tłumikiem		
Szerokość	mm	700 x 700
Długość	m	4,3
Kanał przejściowy 700x700/Ø160	m	2,1
Kanał pomiarowy Ø160	m	0,4
Częstotliwość graniczna pierwszego modu poprzecznego	Hz	338
Element transmisyjny		
Wymiar poprzeczny 1	mm	700 x 700
Wymiar poprzeczny 2	mm	840 x 840
Długość	mm	500

Tablica 1

Współczynnik odbicia elementu transmisyjnego stanowiska

Współczynnik odbicia r	Częstotliwość środkowa, Hz					
	50	63	80	100	125	>160
	0,75	0,59	0,56	0,50	0,31	0,19

Tablica 2

Tłumienie graniczne D_{gr} stanowiska z badanym tłumikiem

f _{sr} , Hz	100	125	160	200	250	315	400
D _{gr} , dB	16,3	15,1	26,6	31,9	33,8	40,1	40,4
f _{sr} , Hz	500	630	800	1000	1250	1600	2000
D _{gr} , dB	42,1	41,7	43,3	45,4	46,5	49,6	43,3
f _{sr} , Hz	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
D _{gr} , dB	46,4	52,4	52,4	51,8	43,8	50,1	49,0

KOMORA POGŁOSOWA		
Objętość V	m ³	237
Całkowita powierzchnia przegród S	m ²	231,5
Płaszczyzny ograniczające komorę	Wszystkie płaszczyzny nierównoległe	
Elementy rozpraszające	Dyfuzor	

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013										strona: 5 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000										
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620										

Tablica 3

Czas pogłosu T komory

01.10.2013	f_{sr}, Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T, s	5,48	4,43	4,58	4,91	5,34	5,28	5,25	5,13	4,83	4,74	4,58
	δ _M	0,45	0,26	0,21	0,19	0,19	0,13	0,15	0,11	0,10	0,05	0,05
	f_{sr}, Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T, s	4,25	3,76	3,63	3,32	2,92	2,39	1,90	1,43	1,08	0,79	
	δ _M	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	
15.11.2013	f_{sr}, Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
	T, s	4,44	4,23	4,51	5,00	5,25	5,51	5,29	5,17	4,87	4,87	4,67
	δ _M	0,47	0,13	0,26	0,11	0,22	0,20	0,11	0,12	0,07	0,05	0,06
	f_{sr}, Hz	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	T, s	4,32	3,81	3,71	3,40	3,00	2,47	1,96	1,50	1,10	0,81	
	δ _M	0,07	0,05	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	

W powyższej tablicy (Tabela 3) zastosowano oznaczenia:

T – wyznaczony czas pogłosu komory Laboratorium Aeroakustyki ITC z wyprowadzonym wylotem stanowiska badawczego,

U_{A,95} – niepewność rozszerzona pomiaru typu A, wyznaczona metodą t-Studenta dla współczynnika rozszerzenia t_{95%}=2,201, v_{eff} stopni swobody i poziomu ufności p=95%.

Dla całego zakresu pomiarowego czas pogłosu T jest zgodny¹ według kryterium normy PN-EN ISO 3741:2011.

Tablica 4

Warunki środowiskowe

		01.10.2013		04.11.2013		14.11.2013		15.11.2013	
		przed pomiarem	po pomiarze	przed pomiarem	przed pomiarem	po pomiarze	po pomiarze	przed pomiarem	po pomiarze
temperatura	°C	12,1	12,2	12,4	12,6	9,9	10,6	9,9	10,1
wilgotność	%	56,9	56,6	61,9	61,2	62,0	61,1	62,2	61,0
ciśnienie atmosferyczne	hPa	992	992	973	972	997	997	1001	1001

Kalibracja toru pomiarowego zestaw pomiarowy był kalibrowany przed pomiarem i po jego zakończeniu kalibratorem akustycznym (wg świadectwa wzorcowania L_{pref} =(94,08±0,09) dB w warunkach odniesienia, tj. przy temperaturze 23⁰C i dla ciśnienia 1013,25 hPa, wilgotność względna 50%).

¹ Z wyłączeniem częstotliwości 10 000 Hz dla której jest mniejszy o 0,23 s. i 0,21 s

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013		strona: 6 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000		
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620		

Data	Zestaw pomiarowy	Przed pomiarami		Po pomiarach	
		$L_{p \text{ ref}}$	Poprawka kalibracyjna	$L_{p \text{ ref}}$	Poprawka kalibracyjna
dd.mm.yyyy	—	dB			
01.10.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,41	94,08	0,39
04.11.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,42	94,08	0,39
14.11.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,38	94,08	0,41
15.11.2013	2144/07/kanal A	94,08	0,40	94,08	0,40

4. POMIARY AEROAKUSTYCZNE TŁUMIKA:

4.1 TŁUMIENIE WTRĄCENIA:

Wartości tłumienia obliczono wg zależności:

$D_i = L_{W I} - L_{W II}$; gdzie:

$L_{W I}$ – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z kanałem zastępczym, dB,

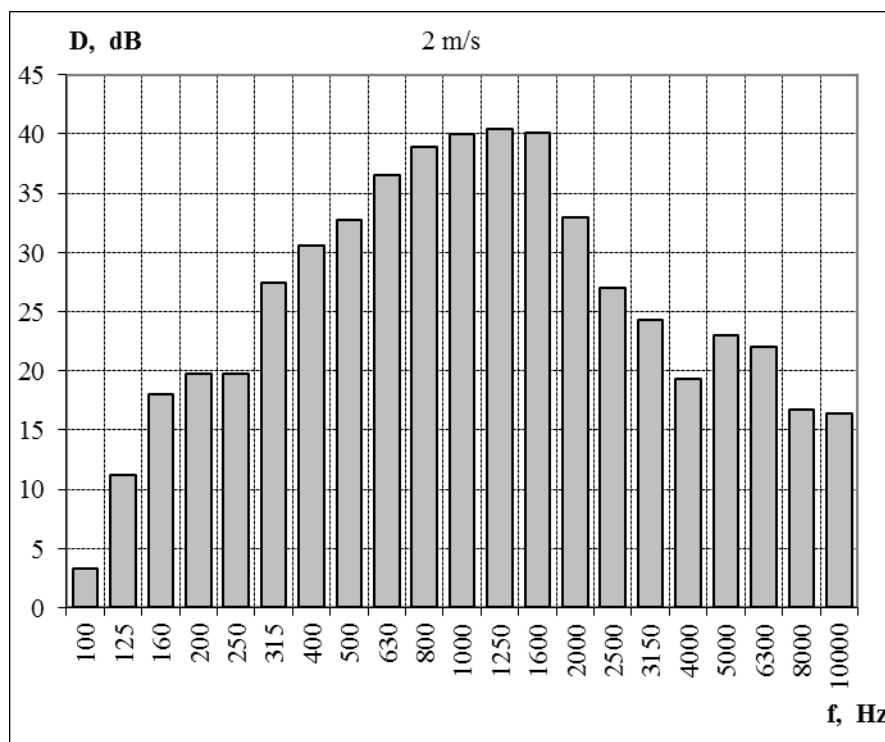
$L_{W II}$ – średni poziom mocy akustycznej określony w komorze pogłosowej, dla układu z badanym tłumikiem, dB.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013		strona: 7 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000		
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620		

Tablica 5

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-160-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=2\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	61,2	64,5	3,3
125	61,9	73,1	11,2
160	64,0	82,1	18,1
200	63,2	82,9	19,7
250	63,3	83,1	19,8
315	56,9	84,4	27,4
400	54,2	84,8	30,5
500	59,5	92,2	32,7
630	55,7	92,3	36,6
800	51,8	90,7	38,9
1000	51,0	90,9	40,0
1250	48,1	88,5	40,4
1600	46,6	86,7	40,1
2000	43,7	76,7	33,0
2500	52,6	79,6	27,0
3150	59,0	83,3	24,3
4000	64,6	84,0	19,4
5000	61,5	84,5	23,0
6300	59,6	81,6	22,1
8000	65,7	82,5	16,7
10000	62,3	78,7	16,3
D_{iA}, dB	27,3		



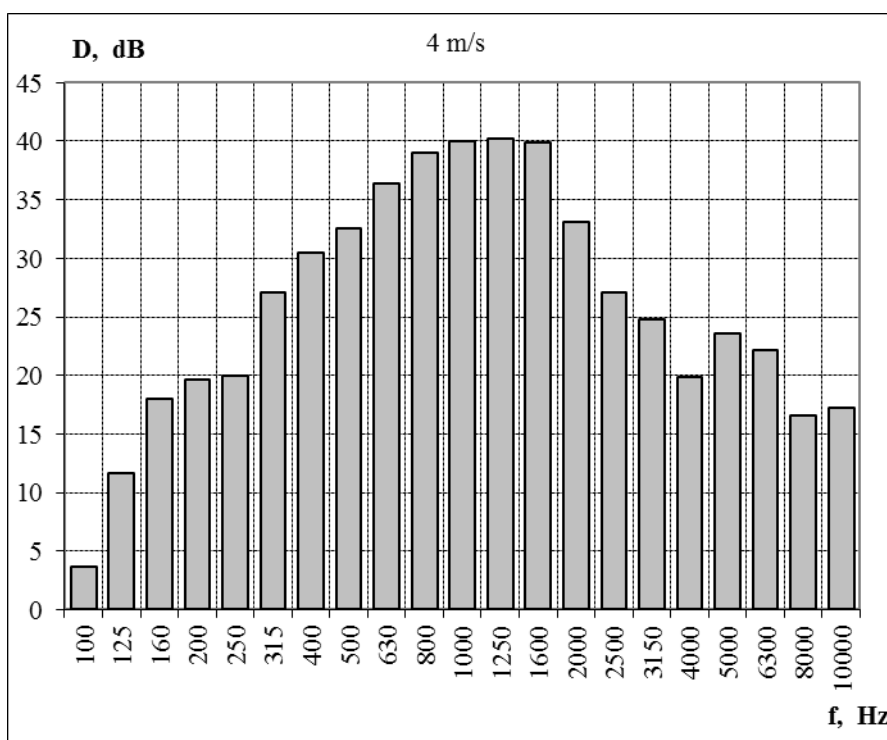
Rys. 3. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=2\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013		strona: 8 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000		
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620		

Tablica 6

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-160-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=4\text{m/s}$**

f	L _{WI}	L _{WII}	D _i
Hz	dB		
100	61,1	64,8	3,7
125	61,6	73,3	11,7
160	63,8	81,8	18,0
200	63,1	82,7	19,6
250	63,2	83,2	20,0
315	57,1	84,1	27,1
400	54,2	84,7	30,5
500	59,6	92,2	32,5
630	55,8	92,1	36,3
800	51,6	90,6	39,0
1000	50,9	90,9	40,0
1250	48,2	88,4	40,2
1600	46,8	86,7	39,9
2000	43,6	76,8	33,2
2500	52,5	79,6	27,1
3150	58,5	83,2	24,7
4000	64,2	84,0	19,9
5000	61,0	84,5	23,5
6300	59,4	81,5	22,1
8000	65,8	82,4	16,6
10000	61,8	79,0	17,2
D_{iA}, dB	27,5		



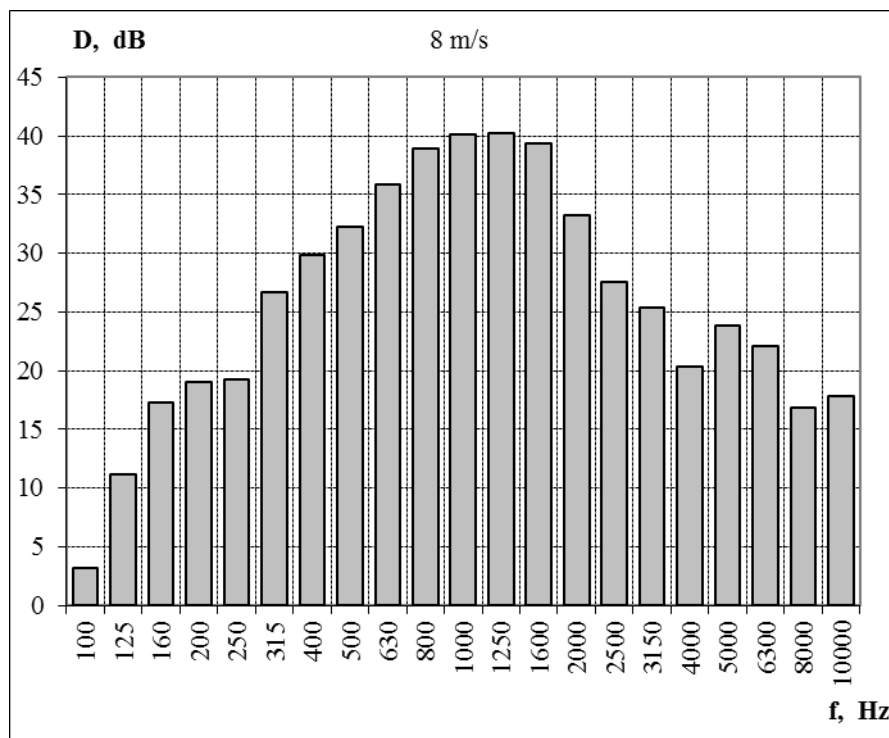
Rys. 4. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=4\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013		strona: 9 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000		
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620		

Tablica 7

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-160-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=8\text{m/s}$**

f	L _{wI}	L _{wII}	D _i
Hz	dB		
100	61,3	64,6	3,2
125	61,8	73,0	11,2
160	64,5	81,8	17,3
200	63,7	82,7	19,0
250	63,7	82,9	19,2
315	57,6	84,2	26,7
400	54,7	84,6	29,9
500	59,9	92,2	32,3
630	56,3	92,1	35,8
800	51,6	90,6	38,9
1000	50,9	91,0	40,1
1250	48,2	88,4	40,2
1600	47,3	86,7	39,4
2000	43,6	76,7	33,2
2500	52,0	79,6	27,6
3150	57,8	83,2	25,4
4000	63,6	83,9	20,3
5000	60,7	84,6	23,9
6300	59,3	81,4	22,1
8000	65,6	82,4	16,8
10000	61,3	79,1	17,8
D_{iA}, dB	27,8		



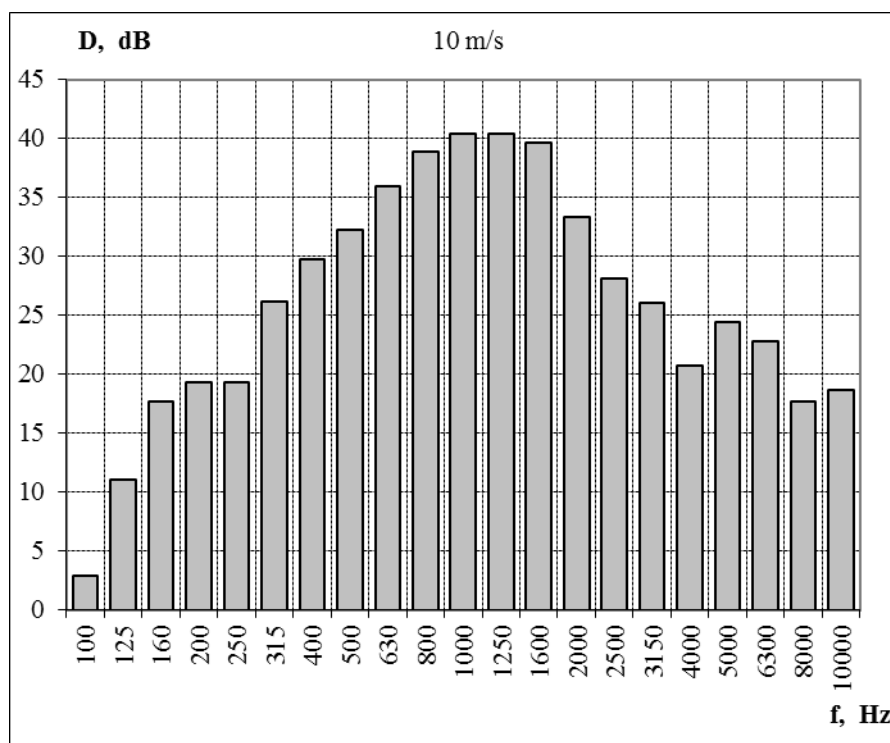
Rys. 5. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=8\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013		strona: 10 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000		
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620		

Tablica 8

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-160-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=10\text{m/s}$**

f	L_{wI}	L_{wII}	D_i
Hz	dB		
100	61,7	64,6	2,9
125	61,9	73,0	11,1
160	64,3	82,0	17,7
200	63,5	82,8	19,3
250	63,6	82,9	19,3
315	58,0	84,2	26,2
400	54,9	84,7	29,8
500	59,9	92,2	32,3
630	56,2	92,2	35,9
800	51,7	90,6	39,0
1000	50,6	91,0	40,5
1250	48,2	88,6	40,4
1600	47,2	86,9	39,6
2000	43,4	76,7	33,3
2500	51,6	79,7	28,1
3150	57,3	83,4	26,0
4000	63,3	84,1	20,8
5000	60,2	84,6	24,5
6300	58,8	81,6	22,8
8000	65,0	82,7	17,7
10000	60,6	79,3	18,6
D_{iA}, dB	28,3		



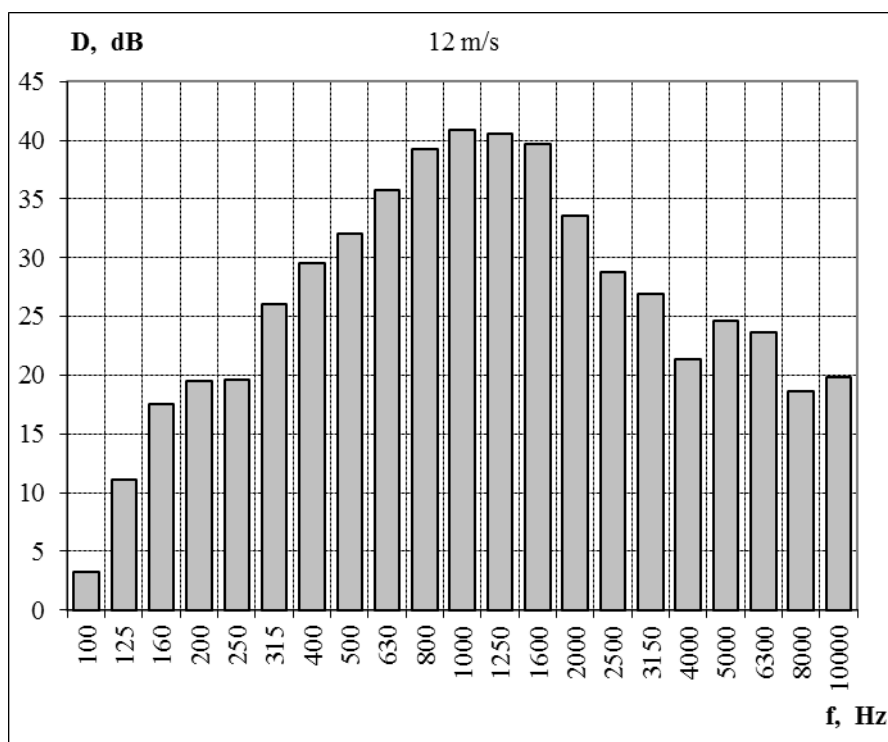
Rys. 6. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=10\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013		strona: 11 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000		
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620		

Tablica 9

**Tłumienie wtrącenia tłumika SIL-100-160-1000,
dla prędkości przepływu w przekroju wlotowym tłumika $v=12\text{m/s}$**

f	L_{wI}	L_{wII}	D_i
Hz	dB		
100	61,5	64,7	3,2
125	61,9	73,1	11,1
160	64,5	82,0	17,6
200	63,5	83,1	19,6
250	63,6	83,3	19,6
315	58,3	84,4	26,1
400	55,2	84,7	29,5
500	60,3	92,3	32,0
630	56,5	92,3	35,8
800	51,6	90,9	39,3
1000	50,5	91,4	40,9
1250	48,0	88,6	40,6
1600	47,1	86,9	39,7
2000	43,2	76,7	33,6
2500	51,1	79,8	28,7
3150	56,8	83,7	26,9
4000	63,0	84,3	21,3
5000	59,9	84,6	24,7
6300	58,4	82,0	23,6
8000	64,7	83,3	18,6
10000	59,9	79,7	19,8
D_{iA}, dB	28,7		



Rys. 7. Tłumienie wtrącenia dla prędkości przepływu $v=12\text{m/s}$.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013										strona: 12 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000										
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620										

4.2 SZUM WŁASNY:

Poziom mocy akustycznej przepływu (szumu własnego) w tłumiku obliczono wg zależności:

$$L_W = \overline{L}_p + D_{td} + C, \text{ gdzie:}$$

$\overline{L}_p$ – energetycznie uśredniony poziom ciśnienia akustycznego (bez korekty na tło), dB,

D_{td} – tłumienie przenoszenia na końcu kanału przyłączonego do komory pogłosowej; dla stanowiska badawczego ITC $D_{td}=0$ dB,

C – różnica poziomów mocy akustycznej promieniowanej do komory pogłosowej oraz uśrednionego ciśnienia akustycznego w komorze pogłosowej, dB.

Tablica 10

Poziom mocy akustycznej przepływu tłumika SIL-100-160-1000

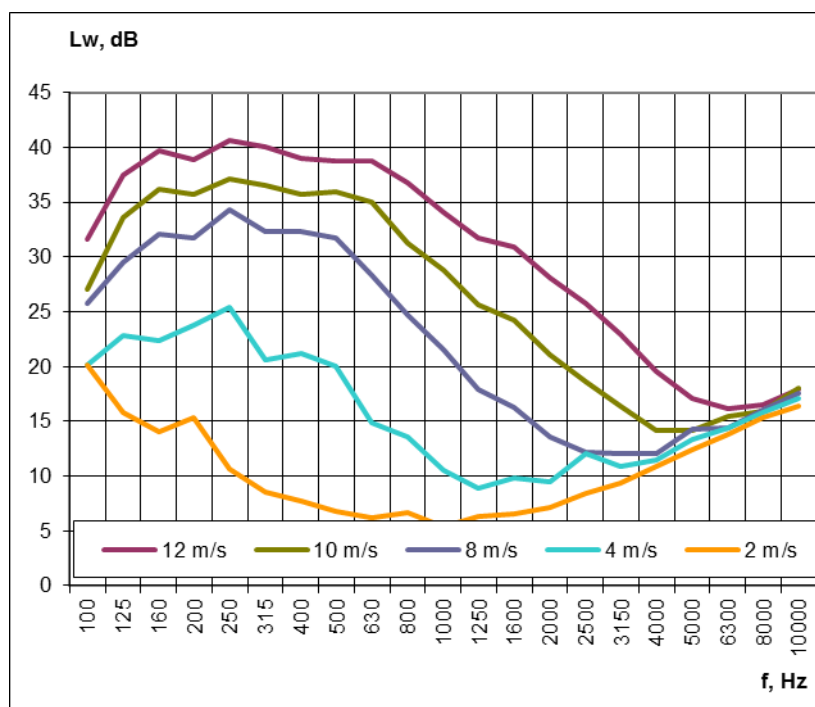
f, Hz	Prędkość w przekroju wlotowym tłumika														
	v=2, m/s			v=4m/s			v=8m/s			v=10 m/s			v=12m/s		
	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W	$\overline{L}_p$	C	L_W
	dB														
100	15,4	4,8	20,2	15,4	4,7	20,2	21,0	4,7	25,7	22,3	4,7	27,0	27,0	4,7	31,7
125	11,2	4,7	15,8	18,1	4,7	22,8	24,9	4,7	29,6	29,0	4,7	33,7	32,9	4,7	37,5
160	9,8	4,2	14,0	18,2	4,2	22,4	27,9	4,1	32,1	32,1	4,1	36,2	35,6	4,1	39,7
200	11,8	3,5	15,4	20,2	3,5	23,7	28,2	3,5	31,7	32,2	3,5	35,7	35,4	3,5	38,9
250	7,5	3,2	10,7	22,2	3,2	25,4	31,2	3,1	34,3	34,0	3,1	37,2	37,6	3,1	40,7
315	5,7	2,8	8,5	17,8	2,8	20,6	29,6	2,8	32,4	33,8	2,8	36,6	37,3	2,8	40,1
400	4,9	2,9	7,7	18,3	2,9	21,2	29,5	2,9	32,4	32,9	2,9	35,8	36,1	2,9	39,0
500	3,9	2,9	6,8	17,2	2,9	20,1	28,8	2,9	31,7	33,1	2,9	36,0	35,9	2,9	38,7
630	3,1	3,1	6,2	11,8	3,1	14,9	25,2	3,1	28,3	31,9	3,1	35,0	35,7	3,1	38,7
800	3,6	3,1	6,6	10,5	3,1	13,6	21,7	3,0	24,8	28,3	3,0	31,3	33,8	3,0	36,8
1000	2,2	3,2	5,4	7,4	3,2	10,6	18,3	3,2	21,5	25,7	3,2	28,8	30,9	3,2	34,1
1250	2,8	3,5	6,3	5,4	3,5	8,9	14,4	3,5	17,9	22,2	3,5	25,7	28,2	3,5	31,7
1600	2,5	4,1	6,5	5,8	4,0	9,8	12,3	4,0	16,3	20,2	4,0	24,2	26,9	4,0	31,0
2000	3,0	4,1	7,2	5,4	4,1	9,5	9,5	4,1	13,6	17,0	4,1	21,1	23,9	4,1	28,1
2500	3,9	4,5	8,4	7,6	4,5	12,1	7,7	4,5	12,2	14,1	4,5	18,6	21,3	4,5	25,8
3150	4,3	5,1	9,4	5,9	5,1	10,9	6,9	5,1	12,0	11,3	5,1	16,4	17,8	5,1	22,9
4000	5,0	6,0	10,9	5,5	6,0	11,5	6,1	6,0	12,1	8,2	6,0	14,1	13,6	6,0	19,6
5000	5,4	7,0	12,5	6,3	7,0	13,3	7,2	7,0	14,3	7,1	7,0	14,1	10,0	7,0	17,1
6300	5,6	8,3	13,9	6,1	8,3	14,4	6,2	8,3	14,5	7,2	8,3	15,5	7,9	8,3	16,2
8000	5,5	9,8	15,3	6,0	9,8	15,8	6,2	9,8	16,0	6,2	9,8	16,0	6,7	9,8	16,5
10000	5,0	11,4	16,5	5,7	11,4	17,1	6,2	11,4	17,6	6,7	11,4	18,1	6,5	11,4	17,9
L_{WA}	22,4 ²			26,5 ²			35,3			40,3			44,5		

² Górna granica poziomu mocy akustycznej

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013	strona: 13 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000	
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620	

Zgodnie p. 8.1.4 PN-EN ISO 3741:2010 określono poziom mocy szumu przepływu w tłumiku z uwzględnieniem wszystkich pasm pomiarowych oraz z pominięciem pasm, dla których różnica pomiędzy poziomem hałasu przepływu i poziomem tła akustycznego jest mniejsza niż 10 dB.

Jeżeli różnica pomiędzy poziomami mocy akustycznej wyznaczona obydwoma metodami nie przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że **poziom mocy określono zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010**. Jeśli ta różnica przekraczała 0,5 dB, przyjmowano, że wyznaczony **poziom mocy akustycznej jest określony zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3741:2010 i reprezentuje górną granicę dla poziomu mocy akustycznej szumu przepływu badanego tłumika**.



Rys. 8.: Widmo poziomu mocy akustycznej tłumika SIL-100-160-1000

4.3 WSPÓŁCZYNNIK STRAT CIŚNIENIA:

Profil prędkości w kanałach pomiarowych przed badanym tłumikiem spełniał wymagania normy PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2.1 średnią prędkość czynnika na wlocie badanego tłumika v_f wyznaczono na podstawie pomiaru w kanale pomiarowym przed tłumikiem.

Zgodnie z PN-EN ISO 7235:2009, p. 6.5.2.2 wykonano dwie serie badań:

- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym badanym obiektem $p_{s1(I)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,
- ciśnienie statyczne w kanale wlotowym z zainstalowanym kanałem zastępczym $p_{s1(II)}$, mierzone względem ciśnienia wylotowego, Pa,

określając współczynnik strat ciśnienia całkowitego ζ .

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013		strona: 14 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000		
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620		

Tablica 11

Straty ciśnienia w tłumiku								
Lp.	wartości założone		wartości rzeczywiste					ζ
	v_f m/s	q_v m ³ /s	v_f m/s	q_v m ³ /s	$p_{t(\text{tłumika})}$ Pa	$p_{t(\text{kanalu})}$ Pa	Δp_{tot} Pa	
1	12,0	0,2413	12,1	0,2429	191,00	175,29	15,71	0,17
2	10,0	0,2011	10,0	0,2007	131,37	120,60	10,77	
3	8,0	0,1608	8,0	0,1608	84,22	77,68	6,54	
4	4,0	0,0804	4,0	0,0802	20,82	19,35	-	
5	2,0	0,0402	2,0	0,0392	4,57	5,07	-	

W powyższej tablicy zastosowano oznaczenia:

- v_f – prędkość przed badanym obiektem (jest równoważna prędkości w tłumiku), m/s,
 q_v – strumień objętości, m³/s,
 $p_{t(\text{tłumika})}$ – ciśnienie całkowite w tłumiku, Pa,
 $p_{t(\text{kanalu})}$ – ciśnienie całkowite w kanale, Pa,
 Δp_{tot} – strata ciśnienia całkowitego, Pa.

Zgodnie z p. 6.5.2.1 wykonano pomiary dla pięciu różnych strumieni objętości przepływu. Do określenia współczynnika strat ciśnienia całkowitego ζ wzięto pod uwagę tylko te wartości strumienia przepływu, które wywołały różnicę ciśnienia większą, niż 10Pa. Jeżeli różnica ciśnień była mniejsza lub równa 10Pa, nie określano również straty ciśnienia całkowitego Δp_{tot} .

4. NIEPEWNOŚĆ POMIARU:

Zgodnie z normą PN-EN ISO 7235:2009 Tablica 7 przyjęto, że górne wartości odchylenia standartowego odtwarzalności σ_R wyznaczonych poziomów mocy akustycznej badanego tłumika wynoszą:

f, Hz	σ_R , dB
100	1,5
125÷500	1
630÷1250	2
1600÷10000	3

W trakcie realizacji badań Laboratorium przestrzegało procedury pomiarowej zgodnej z normą PN-EN ISO 7235:2009, spełniając warunek wymagany dokumentem EA-04/16 „Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych”.

ITC NA	SPRAWOZDANIE Z BADAŃ nr 07/2013	strona: 15 stron: 15
	Badania aeroakustyczne tłumika SIL-100-160-1000	
	Załącznik nr 7 do sprawozdania 8620	

Inne informacje dotyczące badania:

- Ponieważ własności akustyczne zastosowanych przejść nie mogą być pominięte, tłumienie wtrącenia dotyczy badanego tłumika z zastosowanymi przejściami.
- Ustawienie parametrów przepływowych zostało wykonane zgodnie z najlepszą dostępną techniką, z zachowaniem wymagań normy PN-EN ISO 5801:2008. Prezentowane wyniki odnoszą się do wartości prędkości przepływu strumienia powietrza, uzyskanych w trakcie pomiarów i nie wpływają na wyznaczone wartości tłumienia wtrącenia oraz poziomu mocy akustycznej szumu własnego przepływu badanego tłumika.

Badania wykonał:
J. Jaworski

.....

Laboratorium oświadcza, że wyniki badania odnoszą się wyłącznie do badanego tłumika SIL-100-160-1000, wybranego i dostarczonego przez Zleceniodawcę. Bez pisemnej zgody Laboratorium niniejsze sprawozdanie nie może być powielane inaczej jak tylko w całości.