

**Marek Niemas\***

## **NOWE STANOWISKA POMIAROWE W AKREDYTOWANYM LABORATORIUM AKUSTYCZNYM ZESPOŁU LABORATORIÓW BADAWCZYCH ITB**

W artykule przedstawiono nowe stanowiska pomiarowe wchodzące w skład akredytowanego Laboratorium Akustycznego ZLB ITB. W szczególności opisano stanowisko do pomiaru izolacyjności wzdluznej do badania sufitów podwieszanych oraz podłóg podniesionych. Zaprezentowano wybrane fragmenty procedur pomiarowych stosowanych na ww. stanowiskach pomiarowych oraz wyniki badań testujących.

### **1. Wstęp**

W roku 1999 została dobudowana nowa część budynku Zakładu Akustyki ITB, zawierająca zespół trzech komór badawczych, w tym dwie tworzące stanowisko pomiarowe do badań izolacyjności wzdluznej od dźwięków powietrznych podwieszanych sufitów oraz izolacyjności wzdluznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych podniesionych podłóg. W związku z rozbudową budynku Zakładu Akustyki ITB i możliwością utworzenia nowego pokoju pomiarowego, a także z wynikami prac prowadzonych w ramach zadania 2.5.2.05 „Budowa stanowiska do pomiaru oporności przepływu powietrza i przeprowadzenie pomiarów testujących” zaprojektowano i wykonano stanowisko pomiarowe do pomiaru sztywności dynamicznej materiałów stosowanych w pływających podłogach oraz stanowisko do pomiaru oporności przepływu powietrza. Wymienione stanowiska, utworzone w nowym pokoju pomiarowym znajdującym się w dobudowanej części budynku Zakładu Akustyki ITB, zostały opisane w dalszej części artykułu.

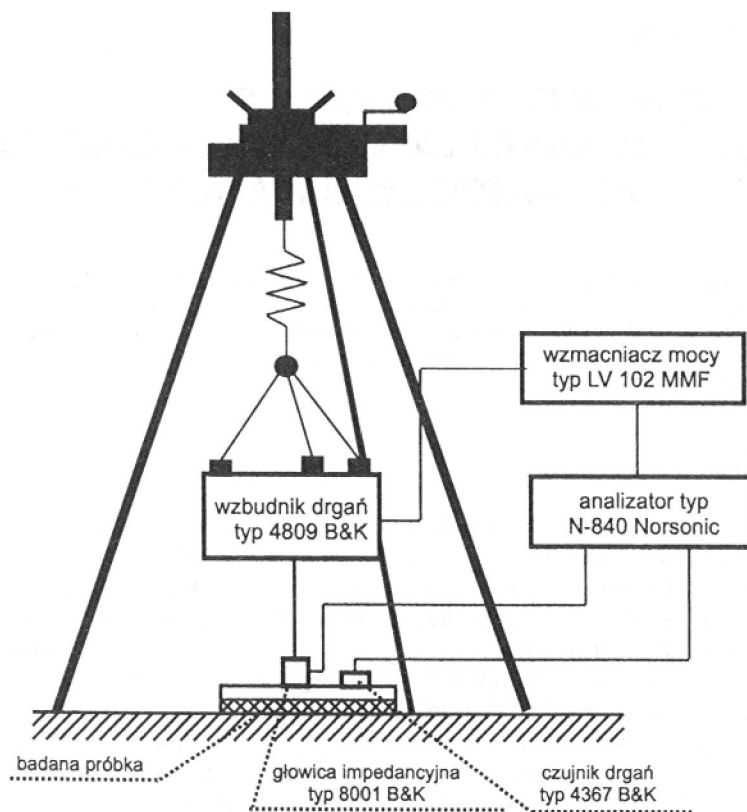
### **2. Stanowiska pomiarowe do określania sztywności dynamicznej oraz oporności przepływu powietrza**

W ramach realizacji zadania 2.6.2.05 „Metody badań parametrów strukturalnych decydujących o właściwościach dźwiękochłonnych i dźwiękoizolacyjnych materiałów”

---

\* dr inż. – adiunkt w Zakładzie Akustyki ITB

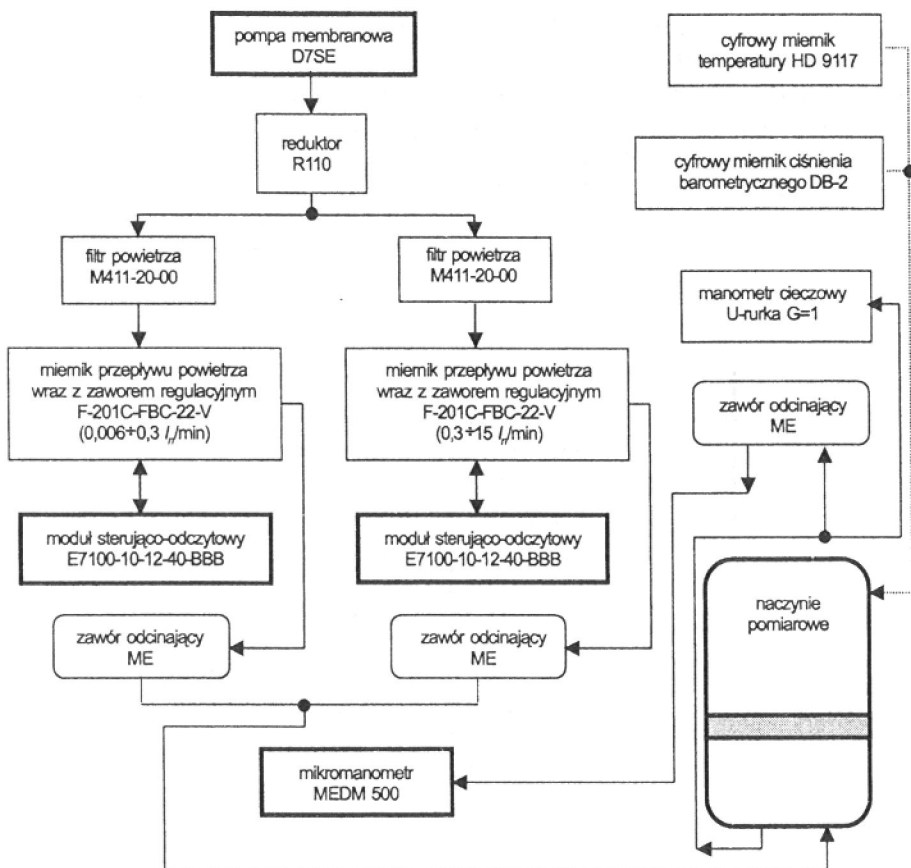
zostało zaprojektowane i wykonane stanowisko pomiarowe do pomiaru sztywności dynamicznej materiałów stosowanych w pływających podłogach oraz powstało nowe stanowisko do pomiaru oporności przepływu powietrza, parametru, który nie był do tej pory określany doświadczalnie w Zakładzie Akustyki.



Rys. 1. Schemat pomiarowy stanowiska do pomiaru sztywności dynamicznej [1]  
Fig. 1. The measurement diagram of the site for measuring dynamic stiffness

Schemat pomiarowy stanowiska do pomiaru sztywności dynamicznej materiałów stosowanych w pływających podłogach przedstawiono na rysunku 1.

Schemat pomiarowy nowego stanowiska do pomiaru oporności przepływu powietrza przez materiały porowate stosowane do izolacji i adaptacji akustycznych przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Układ pomiarowy stanowiska do pomiaru oporności przepływu powietrza [2]  
 Fig. 2. The measurement diagram of the site for measuring airflow resistance

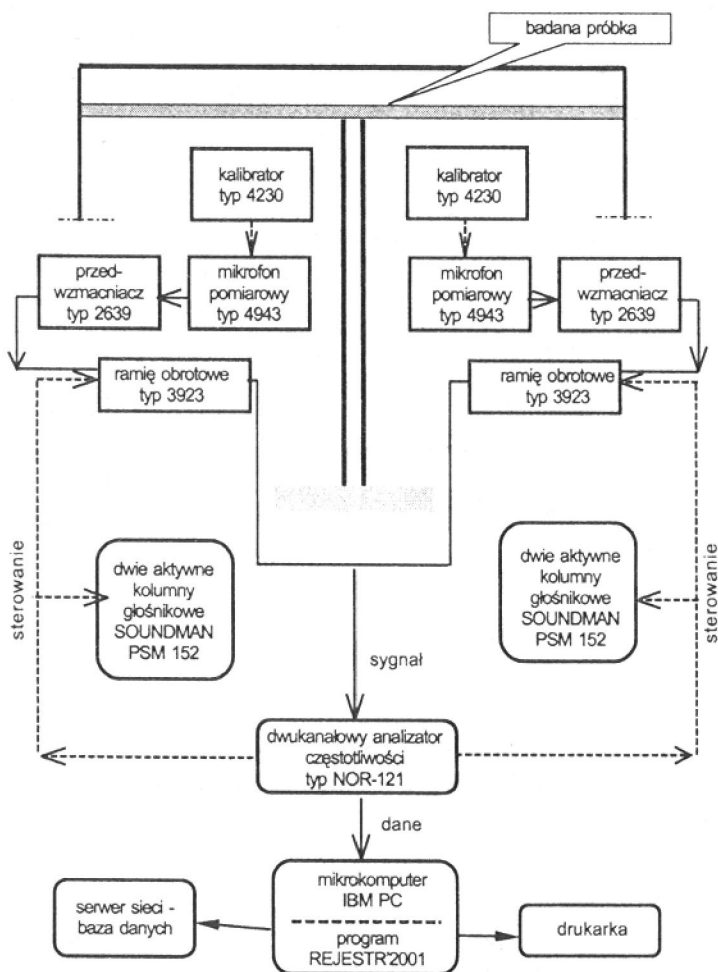
### 3. Nowe stanowiska pomiarowe do pomiaru izolacyjności wzdłużnej sufitów podwieszanych oraz podłóg podniesionych [3]

#### 3.1. Badania testujące nowe stanowisko badawcze

Po przystosowaniu komór badawczych nr 9 i 10 do badań izolacyjności wzdłużnej od dźwięków powietrznych sufitów podwieszanych oraz od dźwięków powietrznych i uderzeniowych podłóg podniesionych przystąpiono do badań testujących stanowisko badawcze.

### 3.1.1. Badania izolacyjności wzdłużnej od dźwięków powietrznych sufitów podwieszanych

Przeprowadzono pomiary kilku rodzajów sufitów podwieszanych w odległości 60 cm od konstrukcji sufitu (według zaleceń normowych) w celu przetestowania możliwości stanowiska badawczego. Uzyskane wyniki były porównywalne z wynikami badań takich samych rodzajów sufitów, przeprowadzonych w duńskim akredytowanym laboratorium. Schemat pomiarowy nowego stanowiska do pomiaru izolacyjności wzdłużnej od dźwięków powietrznych sufitów podwieszanych przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Układ pomiarowy stanowiska do pomiaru izolacyjności wzdłużnej sufitów podwieszanych [3]  
 Fig. 3. The measurement diagram of the site for measuring room to room airborne sound insulation of suspended ceilings

Wartości znormalizowanej różnicy poziomów między pomieszczeniami badawczymi po zamontowaniu sufitów zamieszczono w tablicy 1.

Tablica 1. Wyniki pomiarów izolacyjności wzdłużnej od dźwięków powietrznych sufitów podwieszanych [3]

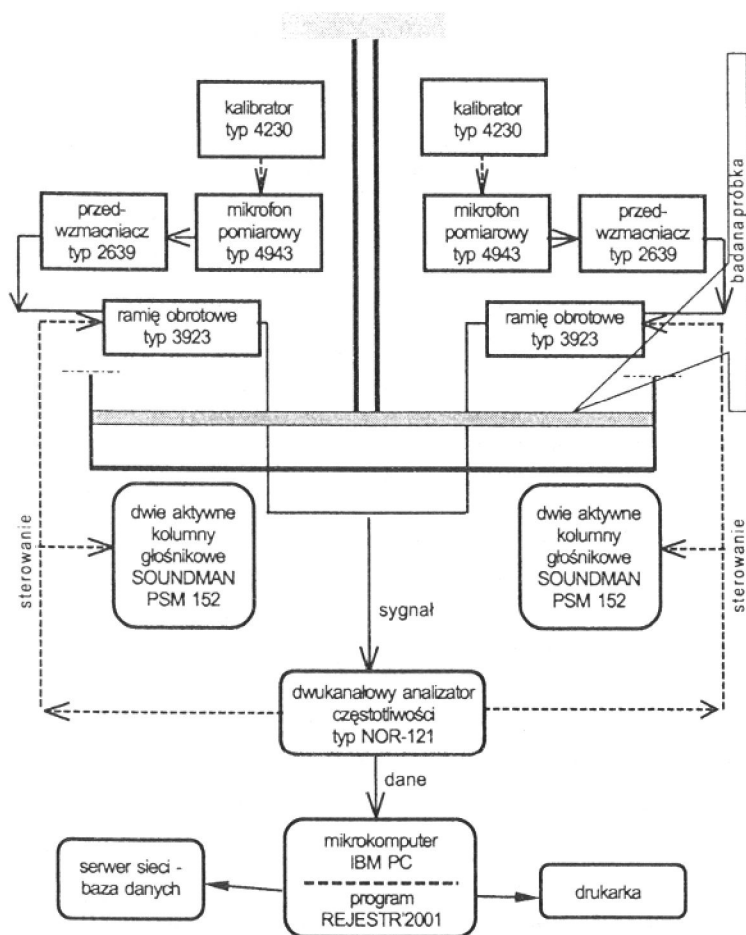
Table 1. The results of measurements room to room airborne sound insulation of suspended ceilings

<b>f, Hz</b>	<b>819,02</b>	<b>820,02</b>	<b>821,02</b>	<b>822,02</b>	<b>823,02</b>	<b>824,02</b>	<b>826,02</b>	<b>829,02</b>	<b>831,02</b>	<b>834,02</b>	<b>839,02</b>
<b>100</b>	17,9	26,3	29,3	17,6	19,6	19,4	13,3	15,3	16,4	27,0	21,4
<b>125</b>	19,0	26,1	26,9	18,0	20,5	20,1	21,8	24,2	28,4	35,4	28,1
<b>160</b>	22,6	32,3	33,3	22,9	27,1	25,4	21,1	23,6	28,4	40,0	28,6
<b>200</b>	27,1	37,0	38,6	28,8	32,9	33,3	23,9	28,3	32,1	42,5	38,8
<b>250</b>	30,1	36,2	37,9	30,3	35,0	32,7	26,2	30,4	33,4	38,8	35,8
<b>315</b>	34,0	42,3	41,4	35,5	39,9	37,1	31,0	34,0	38,4	45,3	42,5
<b>400</b>	34,0	44,3	45,0	36,8	42,0	36,5	35,7	39,0	41,6	47,5	44,7
<b>500</b>	36,9	47,7	47,8	40,0	45,4	39,7	41,6	45,3	48,5	51,5	50,1
<b>630</b>	39,2	50,3	51,5	44,0	50,1	43,5	44,4	48,0	50,0	53,2	52,5
<b>800</b>	42,0	54,6	54,4	46,3	54,4	45,6	48,5	53,0	57,1	58,7	59,0
<b>1000</b>	46,2	58,8	59,1	50,1	59,0	49,6	52,0	58,2	61,9	62,4	62,5
<b>1250</b>	48,8	62,9	62,6	54,3	62,1	52,8	54,7	61,5	65,5	66,6	67,5
<b>1600</b>	51,3	63,8	61,6	56,2	62,8	55,4	57,9	64,3	68,0	69,9	70,1
<b>2000</b>	53,1	64,8	64,3	57,3	65,2	57,1	62,2	68,2	70,8	71,2	73,0
<b>2500</b>	54,8	63,7	63,6	57,3	64,8	57,5	62,2	67,8	71,3	71,4	71,2
<b>3150</b>	55,6	63,5	63,8	58,9	64,5	57,0	63,6	64,9	66,3	66,7	66,8
<b>4000</b>	53,4	63,4	63,3	58,1	64,3	55,2	64,9	66,2	66,8	68,8	68,6
<b>5000</b>	43,4	59,1	60,5	50,4	61,0	45,5	65,4	67,3	69,8	70,6	70,7
<b><math>D_{n,f,w}</math></b>	<b>40</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>43</b>	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>48</b>
<b>C</b>	-2	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-3	-2	-2
<b><math>C_{tr}</math></b>	-7	-8	-7	-8	-9	-8	-8	-9	-10	-8	-9

Wyniki badań są obiecujące i pozwalają stwierdzić, że możliwości pomiarowe stanowią do badań izolacyjności wzdłużnej od dźwięków powietrznych sufitów podwieszanych są dosyć szerokie.

### 3.1.2. Badania izolacyjności wzdłużnej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych podłóg podniesionych

Badano trzy rodzaje podłóg, zarówno pod względem ich odporności na dźwięki powietrzne, jak i uderzeniowe. Pomiaru przeprowadzono w odległości 15 cm od konstrukcji podłogi (według zaleceń normowych), w celu przetestowania możliwości stanowiska badawczego. Wykonano po kilka pomiarów tej samej podłogi, eliminując nieszczelności w obrębie ściany podnoszonej. Po dopracowaniu szczegółów montażu wykonano właściwe pomiary.

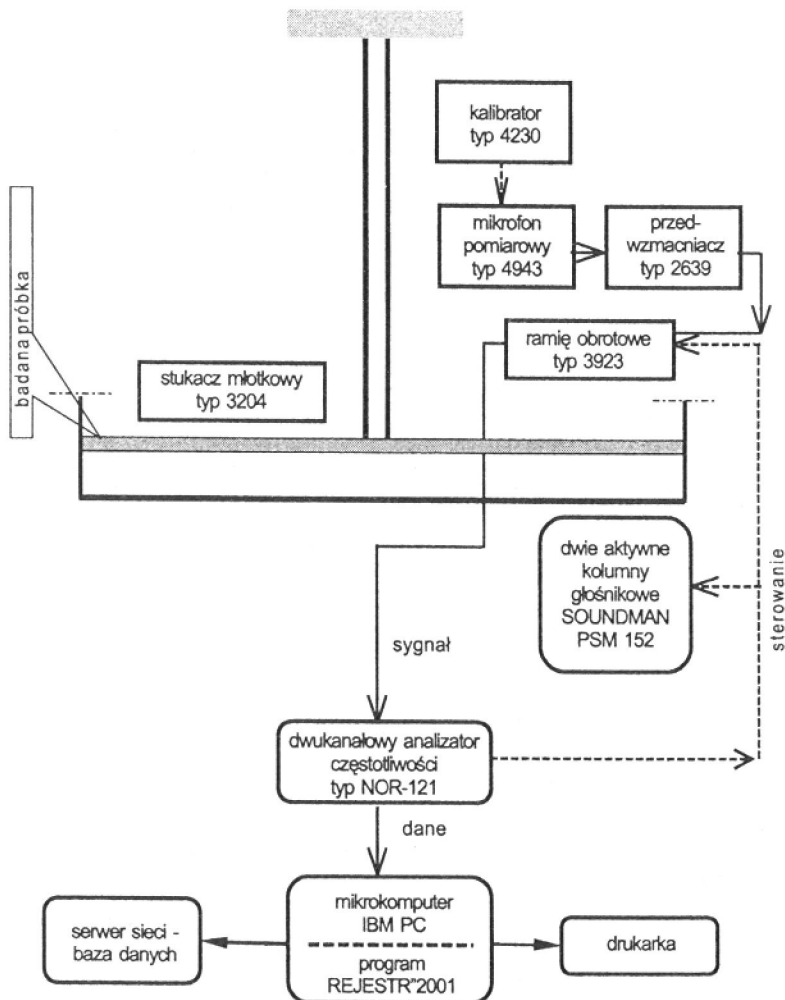


Rys. 4. Układ pomiarowy stanowiska do pomiaru izolacyjności wzdłużnej od dźwięków powietrznych podłóg podniesionych [3]

Fig. 4. The measurement diagram of the site for measuring room to room airborne sound insulation of access floors

Schemat pomiarowy nowego stanowiska do pomiaru izolacyjności wzdłużnej od dźwięków powietrznych podłóg podniesionych przedstawiono na rysunku 4, natomiast do pomiaru izolacyjności wzdłużnej od dźwięków uderzeniowych podłóg podniesionych – na rysunku 5.

Wyniki badań wzdłużnej izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych zamieszczono odpowiednio w tablicy 2 i 3.



Rys. 5. Układ pomiarowy stanowiska do pomiaru izolacyjności wzdłużnej od dźwięków uderzeniowych podłóg podniesionych [3]

Fig. 5. The measurement diagram of the site for measuring room to room impact sound insulation of access floors

Tablica 2. Wyniki pomiarów izolacyjności wzdużnej od dźwięków powietrznych podłóg podniesionych [3]

Table 2. The results of measurements room to room airborne sound insulation of access floors

<b>f, Hz</b>	<b>911,02</b>	<b>912,02</b>	<b>918,02</b>	<b>928,02</b>
100	23,8	25,1	22,5	25,8
125	23,1	25,1	25,1	29,0
160	28,1	28,6	30,6	31,3
200	31,9	31,2	30,6	35,0
250	33,8	33,7	34,4	38,9
315	34,8	35,3	37,3	39,9
400	37,3	35,6	40,4	44,3
500	41,8	41,5	44,0	45,6
630	42,0	41,7	45,3	46,8
800	43,5	43,9	45,8	45,2
1000	44,2	43,8	42,6	40,7
1250	47,6	47,5	42,4	42,0
1600	49,8	50,5	47,0	47,1
2000	52,5	52,7	50,1	51,3
2500	54,8	55,3	52,0	54,3
3150	56,5	57,1	49,4	52,2
4000	52,2	53,0	50,3	49,0
5000	49,0	49,3	54,1	50,2
$D_{n,f,w}$	43	43	44	46
$C$	-1	-1	-2	-2
$C_{tr}$	-6	-5	-6	-6

Tablica 3. Wyniki pomiarów izolacyjności wzdużnej od dźwięków uderzeniowych podłóg podniesionych [3]

Table 3. The results of measurements room to room impact sound insulation of access floors

<b>f, Hz</b>	<b>913,02</b>	<b>914,02</b>	<b>919,02</b>	<b>929,02</b>
100	75,4	76,3	75,6	73,2
125	73,0	76,2	76,0	70,7
160	72,9	74,0	74,3	70,3
200	68,7	67,8	70,6	67,6



<b>f, Hz</b>	<b>913,02</b>	<b>914,02</b>	<b>919,02</b>	<b>929,02</b>
<b>250</b>	67,9	68,6	69,8	68,0
<b>315</b>	70,6	72,5	69,2	65,9
<b>400</b>	70,1	71,9	69,5	65,4
<b>500</b>	68,3	69,6	68,5	67,9
<b>630</b>	69,3	70,3	68,6	69,5
<b>800</b>	70,8	70,3	71,3	74,0
<b>1000</b>	73,2	73,8	70,0	73,7
<b>1250</b>	63,1	62,2	72,3	78,1
<b>1600</b>	60,8	59,5	66,7	73,7
<b>2000</b>	61,8	63,0	63,4	72,3
<b>2500</b>	50,7	50,5	60,2	67,5
<b>3150</b>	46,5	48,0	54,3	66,0
<b>4000</b>	44,3	45,3	51,2	60,6
<b>5000</b>	43,8	44,9	43,6	54,3
<b><math>L_{n,f,w}</math></b>	<b>69</b>	<b>70</b>	<b>72</b>	<b>78</b>
<b><math>C_I</math></b>	-2	-2	-4	-9

Na podstawie przeprowadzonych badań można jedynie stwierdzić, że wyniki są prawdopodobne.

### **3.2. Wybrane fragmenty procedury badania izolacyjności od dźwięków powietrznych pomiędzy dwoma sąsiednimi pomieszczeniami w przypadku sufitów podwieszanych z przestrzenią nad sufitem [3]**

Procedura jest uściśleniem, zgodnie z p. 6 normy PN-EN 20140-9:1998, metody badań gwarantującej powtarzalność wyników pomiarów przeprowadzanych przez akredytowane laboratorium akustyczne.

#### **Zakres procedury**

Zakres zastosowania procedury, zgodnie z PN-EN 20140-9:1998, dotyczy izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych sufitów podwieszanych z przestrzenią nad sufitem. Procedura obowiązuje w Laboratorium Akustycznym.

#### **Badane obiekty**

Badanym obiektem jest sufit podwieszany, nad którym znajduje się przestrzeń o określonej wysokości, zamontowany nad przegrodą dźwiękoizolacyjną, oddzielającą dwie komory badawcze.

## **Dokumenty związane**

Dokumentami związanymi są PN-EN 20140-9:1998 oraz normy powołane w p.2 tej normy.

## **Definicje**

Definicje są sformułowane zgodnie z PN-EN 20140-9:1998, p. 3.

## **Obchodzenie się z obiektami badań**

Elementy sufitu powinny być reprezentatywne dla elementów stosowanych w praktyce przy wykonywaniu sufitów w warunkach rzeczywistych. Badane próbki należy przechowywać w kartonach zabezpieczających przed uszkodzeniem, w suchym pomieszczeniu. Każdą z płyt badanego sufitu należy oznaczyć numerem LA i numerem próbki.

## **Przygotowanie próbek do badań**

Badany sufit należy montować na specjalnej konstrukcji stelażowej zainstalowanej w komorach badawczych. Sufit powinien być zamontowany zgodnie z technologią zalecaną przez producenta lub zgodnie z normą. Szczegół połączenia sufitu z górną krawędzią ściany oddzielającej komory ma decydujące znaczenie i należy zwrócić uwagę, aby był rozwiązany tak, jak w warunkach rzeczywistych. Powierzchnia ciągłego sufitu powinna być równa powierzchni określonej na podstawie długości i szerokości stanowiska badawczego.

## **Wytwarzanie pola akustycznego w komorze nadawczej**

Stosuje się dwa głośniki umieszczone w narożach komory na posadzce komory, nie skierowane na próbkę. Dźwięk wytwarzany w komorze nadawczej charakteryzuje się poziomem ustalonym i ma widmo ciągłe – w rozważanym zakresie częstotliwości. Moc akustyczna jest na tyle duża, aby poziom ciśnienia akustycznego w komorze odbiorczej mógł być przynajmniej o 10 dB większy niż poziom tła akustycznego w dowolnym pasmie częstotliwości.

## **Pomiar poziomu średniego ciśnienia akustycznego**

Pole akustyczne jest próbkowane przy zastosowaniu ruchomego mikrofonu przemieszczającego się po torze okręgu (którego płaszczyzna jest nachylona względem poziomu o kąt  $15^{\circ}$ ) w sposób ciągły, z całkowaniem  $p^2$ . Czas uśredniania wynosi 32 s. Przeprowadza się 5 rejestracji poziomu równoważnego za czas pomiaru równocześnie w obydwu komorach, które po uśrednieniu stanowią dane wejściowe do obliczeń znormalizowanej różnicy poziomów  $D_{n,c}$  między komorami badawczymi. Pomiary znormalizowanej różnicy poziomów  $D_{n,c}$  między komorami badawczymi przeprowadza się w obydwu kierunkach.

## **Zakres częstotliwości pomiarowych**

Zakres częstotliwości pomiarowych jest zgodny z PN-EN 20140-9:1998, p. 6.3.

## **Pomiar czasu pogłosu i określenie równoważnego pola powierzchni pochłaniającej dźwięk (chłonności akustycznej) komory odbiorczej**

Czynnik korekcyjny zawierający równoważne pole powierzchni pochłaniającej (chłonność akustyczną) komory odbiorczej jest określany na podstawie pomiaru czasu pogłosu, zgodnie z p 6.4 normy PN-EN 20140-9:1998 i obliczany zgodnie ze wzorem (4) normy PN-EN 20140-9:1998. Przeprowadza się 5 pomiarów czasu pogłosu w każdej komorze badawczej, które po uśrednieniu stanowią dane wejściowe do obliczeń chłonności akustycznej w obydwu komorach badawczych.

### **Przedstawienie wyników pomiarów**

Wyniki pomiarów chłoności akustycznej w obydwu komorach oraz znormalizowanej różnicy poziomów dźwięku wszystkich pasm pomiarowych, zmierzonej w obydwu kierunkach, a także jej wartość średnią podaje się w postaci tablicy i wykresu.

### **Raport z pomiarów**

Raport z pomiarów zawiera wszystkie informacje zgodnie z punktami od 9 a do 9 p normy PN-EN 20140-3:1999.

Jednoliczbowe wskaźniki izolacyjności od dźwięków powietrznych wyznacza się zgodnie z PN-EN ISO 717-1: 1999.

### **Niepewność pomiaru i walidacja metody**

W procedurze określa się znormalizowaną różnicę poziomów  $D_{n,c}$  dla sufitu podwieszanego według zależności

$$D_{n,c} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{61,5 T}{V}, \text{ dB} \quad (1)$$

gdzie:  $L_1$  – średni poziom ciśnienia akustycznego w komorze nadawczej, dB,  
 $L_2$  – średni poziom ciśnienia akustycznego w komorze odbiorczej, dB,  
 $T$  – czas pogłosu w komorze odbiorczej, s,  
 $V$  – objętość komory odbiorczej, m<sup>3</sup>.

Niepewność określenia znormalizowanej różnicy poziomów  $D_{n,c}$  w przypadku sufitu podwieszanego wyznacza się metodą różniczki zupełnej. Po podstawieniu wyrażień na pochodne otrzymujemy zależność

$$UD_{n,c} = \sqrt{UL_1^2 + UL_2^2 + (10 \log e)^2 \left[ \left( \frac{UT}{T} \right)^2 + \left( \frac{UV}{V} \right)^2 \right]}, \text{ dB} \quad (2)$$

Niepewność wyznaczenia ważonego wskaźnika znormalizowanej różnicy poziomów sufitu podwieszanego określa się według zależności

$$UD_{n,c,w} = \sqrt{\sum_{f=100\text{Hz}}^{3150} \left( \frac{\partial D_{n,c,w}}{\partial D_{n,c}} \right)^2} (UD_{n,c})^2, \text{ dB} \quad \text{przy } D_{n,c} < R_{odn(n),f} \quad (3)$$

Wyznaczane wskaźniki adaptacyjne  $C$  i  $C_{tr}$  z definicji są obciążone błędem  $\pm 0,5$  dB.

### **3.3. Wybrane fragmenty procedury badania izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych pomiędzy dwoma sąsiednimi pomieszczeniami w przypadku podniesionej podłogi [3]**

Procedura jest uściśleniem, zgodnie z p. 6 normy PN-EN ISO 140-12:2000, metody badań gwarantującej powtarzalność wyników pomiarów przeprowadzanych przez akredytowane laboratorium akustyczne.

#### **Zakres procedury**

Zakres zastosowania procedury, zgodnie z PN-EN ISO 140-12:2000, dotyczy izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych pomiędzy dwoma

sąsiednimi pomieszczeniami – w przypadku podniesionej podłogi. Procedura obowiązuje w Laboratorium Akustycznym LA.

### **Badane obiekty**

Obiektem badanym jest podłoga podniesiona, pod którą znajduje się przestrzeń o określonej wysokości, zamontowana pod przegrodą dźwiękoizolacyjną oddzielającą dwie komory badawcze.

### **Dokumenty związane**

Dokumentami związanymi są PN-EN ISO 140-12:2000 oraz normy powołane w p.2 tej normy.

### **Definicje**

Przymuje się definicje zgodnie z PN-EN 20140-9:1998, p. 3.

### **Obchodzenie się z obiektami badań**

Elementy podłogi powinny być reprezentatywne dla elementów stosowanych w praktyce przy wykonywaniu podłóg podniesionych w warunkach rzeczywistych. Badane próbki należy przechowywać w suchym pomieszczeniu. Należy oznaczyć numerem LA i numerem próbki każdą z płyt badanej podłogi.

### **Przygotowanie próbek do badań**

Podłoga powinna być zamontowana zgodnie z technologią zalecaną przez producenta lub zgodnie z normą. Powierzchnia podłogi podniesionej powinna być równa powierzchni wynikającej z długości i szerokości stanowiska badawczego. Jeżeli ze względów praktycznych długość badanego obiektu jest mniejsza od długości stanowiska badawczego, badany obiekt powinien mieć długość nie mniejszą od 3,5 m i powinien być sztywno zakończony.

### **Wytwarzanie pola akustycznego w komorze nadawczej**

Stosuje się dwa głośniki umieszczone w narożach komory na badanej podłodze, nie skierowane na próbkę. Dźwięk wytwarzany w komorze nadawczej charakteryzuje się poziomem ustalonym i ma widmo ciągłe – w rozważanym zakresie częstotliwości. Moc akustyczna powinna być tyle duża, aby poziom ciśnienia akustycznego w komorze odbiorczej mógł być przynajmniej o 10 dB większy niż poziom tła akustycznego w dowolnym pasmie częstotliwości.

Dźwięk uderzeniowy jest wytwarzany przez znormalizowane źródło dźwięków uderzeniowych – stukacz.

### **Pomiar poziomu średniego ciśnienia akustycznego**

Analogicznie jak w p. 3.2.

### **Zakres częstotliwości pomiarowych**

Analogicznie jak w p. 3.2.

### **Pomiar czasu pogłosu i określenie równoważnego pola powierzchni pochłaniającej dźwięk (chłonności akustycznej) komory odbiorczej**

Czynnik korekcyjny zawierający równoważne pole powierzchni pochłaniającej (chłonność akustyczną) komory odbiorczej jest określany na podstawie pomiaru czasu pogłosu, zgodnie z p. 6.4 normy PN-EN ISO 140-12:2000 i obliczany zgodnie ze wzorem (8) normy PN-EN ISO 140-12:2000. Przeprowadza się 5 pomiarów czasu pogłosu w komorze

odbiorczej, które po uśrednieniu stanowią dane wejściowe do obliczeń chłonności akustycznej.

### Przedstawienie wyników pomiarów

Wyniki pomiarów znormalizowanej wzdłużnej różnicy poziomów lub znormalizowanego wzdłużnego poziomu uderzeniowego badanej próbki dotyczące wszystkich pasm pomiarowych podaje się w postaci tablicy i wykresu.

### Raport z pomiarów

Raport z pomiarów zawiera wszystkie informacje zgodnie z p. 9 a – 9 I normy PN-EN ISO 140-12:2000.

Jednoliczbowe wskaźniki izolacyjności od dźwięków powietrznych wyznacza się zgodnie z PN-EN ISO 717-1:1999 oraz PN-EN ISO 717-2:1999.

### Analiza niepewności wyników pomiarów i obliczeń

W procedurze jednym z określanych parametrów jest **znormalizowana wzdłużna różnica poziomów** obliczana dla podniesionej podłogi, wyznaczana zgodnie z zależnością

$$D_{n,f} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{61,5 T}{V}, \text{ dB} \quad (4)$$

gdzie:  $L_1$  – średni poziom ciśnienia akustycznego w komorze nadawczej, dB,  
 $L_2$  – średni poziom ciśnienia akustycznego w komorze odbiorczej, dB,  
 $T$  – czas pogłosu w komorze odbiorczej, s,  
 $V$  – objętość komory odbiorczej, m<sup>3</sup>.

$$UD_{n,f} = \sqrt{UL_1^2 + UL_2^2 + (\log e)^2 \left[ \left( \frac{UT}{T} \right)^2 + \left( \frac{UV}{V} \right)^2 \right]}, \text{ dB} \quad (5)$$

Niepewność wyznaczenia ważonego wskaźnika znormalizowanej różnicy poziomów w przypadku podniesionej podłogi określa się według następującej zależności:

$$UD_{n,f,w} = \sqrt{\sum_{f=100\text{Hz}}^{3150} \left( \frac{\partial D_{n,f,w}}{\partial D_{n,f}} \right)^2} (UD_{n,f})^2, \text{ dB} \quad \text{przy } D_{n,f} < R_{odn(n),f} \quad (6)$$

Wyznaczane wskaźniki adaptacyjne  $C$  i  $C_{tr}$  z definicji są obarczone błędem  $\pm 0,5$  dB.

Drugim z określanych parametrów jest **znormalizowany wzdłużny poziom uderzeniowy**, wyznaczany zgodnie z zależnością

$$L_{n,f} = L_{f2} - 10 \log \frac{61,5 T}{V}, \text{ dB} \quad (7)$$

gdzie:  $L_{f2}$  – wartość średniego poziomu ciśnienia akustycznego w komorze odbiorczej, dB,  
 $T$  – czas pogłosu, s,  
 $V$  – objętość komory odbiorczej, m<sup>3</sup>.

Niepewność określenia znormalizowanego wzdłużnego poziomu uderzeniowego  $L_{n,f}$  w przypadku podniesionej podłogi wyznacza się metodą różniczki zupełnej. Po podstawieniu wyrażen na pochodne otrzymujemy następującą zależność:

$$UL_{n,f} = \sqrt{UL_f^2 + (10 \log e)^2 \left[ \left( \frac{UT}{T} \right)^2 + \left( \frac{UV}{V} \right)^2 \right]}, \text{ dB} \quad (8)$$

Niepewność określenia wskaźnika znormalizowanego wzdłużnego poziomu uderzeniowego określa się zgodnie z zależnością

$$UL_{n,f,w} = \sqrt{\sum_{f=100\text{Hz}}^{3150} \left( \frac{\partial L_{n,f,w}}{\partial L_{n,f}} \right)^2 (UL_{n,f})^2}, \text{ dB} \quad \text{przy } L_{n,f} > R_{odn(n),f} \quad (9)$$

Wyznaczane wskaźniki adaptacyjne  $C_j$  z definicji są obarczone błędem  $\pm 0,5$  dB.

#### 4. Podsumowanie

Nowe stanowiska pomiarowe akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji rozszerzyły możliwości badawcze Zakładu Akustyki oraz Laboratorium Akustycznego ZLB ITB, zwłaszcza w dziedzinie wyrobów szeroko stosowanych w nowoczesnym budownictwie – szczególnie w obiektach biurowych – w następującym zakresie:

- pomiaru sztywności dynamicznej materiałów stosowanych w pływających podłogach,
- pomiaru oporności przepływu powietrza przez materiały porowate stosowane do izolacji i adaptacji akustycznych,
- pomiaru izolacyjności wzdłużnej od dźwięków powietrznych sufitów podwieszanych,
- pomiaru izolacyjności wzdłużnej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych podłóg podniesionych,

#### Bibliografia

- [1] Niemas M.: Modernizacja stanowiska do pomiaru sztywności dynamicznej oraz projekt stanowiska do pomiaru oporności przepływu powietrza. Temat badawczy ITB NA-26, opracowanie wynikowe nr 3, 1999, maszyn., biblioteka ITB
- [2] Niemas M.: Budowa stanowiska do pomiaru oporności przepływu powietrza i przeprowadzenie pomiarów testujących. Temat badawczy ITB NA-26, opracowanie wynikowe nr 4, 2000, maszyn., biblioteka ITB
- [3] Niemas M.: Badania testujące nowe i zmodernizowane stanowiska badawcze w rozbudowanym Laboratorium Akustycznym. Temat badawczy ITB NA-39, opracowanie wynikowe nr 2, 2002, maszyn., biblioteka ITB

## THE NEW MEASUREMENT STANDS IN ACREDITED ACOUSTIC LABORATORY OF ITB GROUP OF RESEARCH LABORATORIES

### Summary

In this paper new and modernized measurement stands to be part of accredited Acoustic Laboratory of Group of Research Laboratories of ITB were presented. In particular the measurement stand for estimation room to room insulation of suspended ceilings and access floors were described. We have presented of choosen parts of the measurement procedures used on mentioned above measurement stands and the results of carried out survey tests.

*Praca wpłynęła do Redakcji 27 V 2003*