

BADANIA I STUDIA – RESEARCH AND STUDIES

Anna Iżewska*

Kazimierz Czyżewski**

NIEPEWNOŚĆ POMIARU WSPÓŁCZYNNIKA POCHŁANIANIA DŹWIĘKU W KOMORZE POGŁOSOWEJ

Norma PN-ISO/IEC 17025:2005 [1] dotycząca kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących wymaga, aby laboratoria te stosowały procedury szacowania niepewności wyników pomiarów. W niniejszym artykule zastosowano podstawowe zasady wyznaczania niepewności podane w Przewodniku GUM [2] oraz w Instrukcji ITB dotyczącej niepewności wyników badań wytrzymałościowych [3]. Jedną z możliwości jest ocena budżetu niepewności, uwzględniająca wszystkie elementy mające istotny wpływ na wartość końcową niepewności wyniku końcowego. W przypadku pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku, przeprowadzonego zgodnie z PN-EN ISO 354:2005 [4], na niepewność wyniku ma przede wszystkim wpływ niepewność pomiaru czasów pogłosu T_1 i T_2 oraz niepewność wyznaczenia współczynników tłumienia energii m_1 i m_2 (reprezentujących warunki klimatyczne w komorze pogłosowej), które oblicza się według PN-ISO 9613-1:2000 [5]. Pomimo bardzo małej różnicy między wartościami m_1 i m_2 opisującej zmiany warunków klimatycznych w laboratorium, złożona postać funkcji logarytmiczno-wykładniczej definiującej te współczynniki sprawia, że niepewność pomiaru wzrasta wraz z częstotliwością bardzo szybko. Szczególnie ma to miejsce w zakresie wysokich częstotliwości, gdzie wartości niepewności są znacząco duże. Ze względu na brak badań międzylaboratoryjnych, umożliwiających określenie niepewności pomiarów współczynnika pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej, jedyną możliwością jest wyznaczenie niepewności przez dane laboratorium. W ramach tematu naukowo-badawczego NA-62 opracowano własną metodę, związaną z wyposażeniem pomiarowym Laboratorium Akustycznego ITB i stosowaną w nim metodyką badań.

Wprowadzenie

Współczynnik pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej, jak większość parametrów oceny właściwości akustycznych, nie jest mierzony bezpośrednio, lecz wyznaczany z zależności funkcyjnej, zwanej równaniem pomiaru:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (1)$$

* dr, Zakład Akustyki ITB

** mgr, Dział Informatyzacji ITB

Równaniu temu, wyrażającemu fizyczne zależności pomiędzy wielkościami mierzonymi, a wyznaczaną wartością parametru akustycznego (mezurandu Y), towarzyszy niepewność Y , wynikająca z niepewności poszczególnych wielkości mierzonych bezpośrednio: $x_1, x_2 \dots x_N$, będących estymatami $X_1, X_2, \dots X_N$.

Składniki niepewności (każdy z nich – reprezentowany przez odchylenie standardowe, zwane niepewnością standardową $u(x_i)$ lub krótko u_i) są kategoryzowane w zależności od metody ich wyznaczenia. Istnieją dwie takie metody:

- metoda typu A, wykorzystująca metody statystyczne, które polegają na przykład na wyznaczeniu odchylenia standardowego dla serii pomiarów $s(x_i)$; w takim przypadku niepewność standardowa wynosi $u(x_i) = s(x_i)$,

- metoda typu B, która opiera się na informacjach uzyskanych *a priori*, na przykład na podstawie świadectw przyrządów pomiarowych oraz typu rozkładu statystycznego.

Odchylenie standardowe estymaty wyniku pomiaru y , zwane niepewnością standardową złożoną $u_c(y)$, wyznaczone jest na podstawie poszczególnych niepewności standardowych $u(x_i)$, przy zastosowaniu powszechnie znanej w statystyce metody kwadratów, zgodnie z zależnością

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (2)$$

i obliczeniu pierwiastka kwadratowego z otrzymanego rezultatu.

Równanie (2) zwane jest prawem propagacji niepewności, a pochodne cząstkowe $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ są często nazywane współczynnikami wrażliwości.

Miarą niepewności, definiującą przedział wartości, w której z zadaniem poziomem ufności znajdzie się wyznaczana z równania pomiaru wartość Y jest tzw. niepewność rozszerzona U . Oznacza ona, że wartość Y , której estymatą jest y , będzie przy zadanym poziomie ufności należeć do przedziału $y - U \leq Y \leq y + U$.

Wartość niepewności rozszerzonej wyznacza się, mnożąc niepewność standardową złożoną przez współczynnik rozszerzenia niepewności k , zależny od rodzaju rozkładu statystycznego i założonego poziomu ufności p (najczęściej przyjmuje się, że $p = 95\%$, co oznacza, że przyjmuje się odpowiednią dla danego rozkładu wartość $k_{95\%}$):

$$U(Y) = k u_c(y) \quad (3)$$

Rodzaj prawdopodobieństwa można przypisać metodą *a priori* lub starać się go określić na podstawie rozkładów wartości wejściowych $x_1 \dots x_N$ zgodnie z zasadą propagacji rozkładów [4]

$$y = c_1 x_1 + \dots + c_N x_N \quad (4)$$

gdzie x_i są wielkościami wejściowymi, a c_i współczynnikami wrażliwości.

Wielkości wejściowe charakteryzują się różnymi rozkładami prawdopodobieństwa, takimi jak rozkład normalny, Studenta, prostokątny czy trójkątny.

Przybliżeniem wielokrotnego spłotu rozkładów normalnych i prostokątnych jest rozkład PN. Funkcja gęstości tego rozkładu zależy od parametru r_u , zwanego ilorazem udziału:

$$r_u = \frac{|u_i(y)|}{\sqrt{u_c^2(y) - u_i^2(y)}} \quad (5)$$

gdzie $u_i(y) = c_i u(x_i)$ jest największym udziałem niepewności wielkości wejściowej o rozkładzie prostokątnym.

Dla wielkości wyjściowej Y , której rozkład jest spłotem wielu różnych rozkładów (normalnego, Studenta, prostokątnego), niepewność rozszerzoną można estymować zależnością

$$U(Y) = k_{PN} u'_c(y) \quad (6)$$

gdzie: k_{PN} – współczynnik rozszerzenia dla rozkładu typu PN, odczytany z tablicy 1 [6], [7],

u' – niepewność złożona N wielkości wejściowych, wyrażona wzorem

$$u'_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{t_i(v)}{k_N} u_i(y) \right)^2} \quad (7)$$

gdzie: $t_i(v)$ – kwantyl rozkładu Studenta z liczbą stopni swobody $v = n - 1$, dla i -tej wielkości wejściowej,

k_N – współczynnik rozszerzenia rozkładu normalnego ($k_N = 1,96$ dla $p = 95\%$).

Można przyjąć, za pracą [7], że dla wszystkich wielkości wejściowych nie posiadających rozkładu Studenta

$$t_i(v) = k_N \quad (8)$$

1. Równanie pomiaru i prawo propagacji niepewności pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku α_S według PN ISO 354:2005 [4]

Dla każdego tercjowego pasma częstotliwości f współczynnik pochłaniania dźwięku obliczany jest ze wzoru

$$\alpha_S = \frac{V}{S} \left[55,3 \left(\frac{1}{c_2 T_2} - \frac{1}{c_1 T_1} \right) - 4(m_2 - m_1) \right] \quad (9)$$

gdzie: V – objętość komory, m^3 ,

S – pole powierzchni próbki, m^2 ,

T_2, T_1 – czas pogłosu w komorze pogłosowej z badaną próbką i w komorze pustej, s,

c_2, c_1 – prędkość propagacji dźwięku w komorze pogłosowej z badaną próbką i w komorze pogłosowej pustej, m/s, przy czym

$$c_i = 331 + 0,6 t_i \quad (10)$$

t_2, t_1 – temperatura powietrza w komorze z badaną próbką i w komorze pustej, °C,

m_2, m_1 – mocyowy współczynnik tłumienia dla warunków klimatycznych, jakie występują w komorze z badaną próbką i w komorze pustej, obliczany zgodnie z normą PN ISO 9613-1 [5], m^{-1}

$$m_i = \frac{\alpha_i}{10 \log e} \quad (11)$$

α_i – współczynnik tłumienia spowodowanego pochłanianiem przez atmosferę, dB/m ($i = 2$ w komorze z badana próbką, $i = 1$ w komorze pustej)

$$\alpha_i = 8,686 f^2 \left\langle \begin{array}{l} 1,84 \cdot 10^{-11} \left(\frac{p_a}{p_r} \right)^{-1} \left(\frac{K_i}{t_0} \right)^{1/2} \\ + \left(\frac{K_i}{t_0} \right)^{-5/2} \left\{ \begin{array}{l} 0,01275 \left[f_{rO,i} + \left(\frac{f^2}{f_{rO,i}} \right)^{-1} e^{-\frac{2239,1}{K_i}} \right] \\ + 0,1068 \left[f_{rN,i} + \left(\frac{f^2}{f_{rN,i}} \right)^{-1} e^{-\frac{3352}{K_i}} \right] \end{array} \right. \end{array} \right\rangle \quad (12)$$

gdzie: p_a – ciśnienie atmosferyczne, kPa

p_r – wartość odniesienia ciśnienia atmosferycznego; $p_r = 101,325$ kPa,

K_i – temperatura powietrza w komorze pogłosowej z badaną próbką i w tej samej komorze pustej, °K; $K_i = t_i + 273$,

t_{01} – temperatura punktu potrójnego izotermi; $t_{01} = 273,16$ °K,

t_0 – temperatura odniesienia; $t_0 = 293,15$ °K,

f_{rO} – częstotliwość relaksacyjna tlenu, Hz:

$$f_{rO,i} = \frac{p_{a,i}}{p_r} \left(24 + 4,04 \cdot 10^4 h_i \frac{0,02 + h_i}{0,391 + h_i} \right) \quad (13)$$

$$h_i = h_{r,i} \frac{p_{a,i}}{p_r} 10^C \quad (14)$$

h – molowe stężenie pary wodnej, %,

h_r – wilgotność względna, %,

$$C = -6,8346 \left(\frac{t_{01}}{K_f} \right)^{1,261} + 4,6151 \quad (15)$$

f_{rN} – częstotliwość relaksacyjna azotu, Hz

$$f_{rN,i} = \frac{p_a}{p_{r,i}} \left(\frac{K_f}{t_0} \right)^{-\frac{1}{2}} \left\{ 9 + 280 h e^{-4,17 \left[\left(\frac{K_f}{t_0} \right)^{-\frac{1}{3}} - 1 \right]} \right\} \quad (16)$$

Prawo propagacji niepewności wyznaczania współczynnika pochłaniania dźwięku ma zatem postać:

$$\begin{aligned} u_c^2(\alpha_s) = & \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial V} \right)^2 u^2(V) + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial S} \right)^2 u^2(S) + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial T_1} \right)^2 u^2(T_1) + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial T_2} \right)^2 u^2(T_2) \\ & + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial t_1} \right)^2 u^2(t_1) + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial t_2} \right)^2 u^2(t_2) + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial p_{a1}} \right)^2 u^2(p_{a1}) + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial p_{a2}} \right)^2 u^2(p_{a2}) \\ & + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial h_{r1}} \right)^2 u^2(h_{r1}) + \left(\frac{\partial \alpha_s}{\partial h_{r2}} \right)^2 u^2(h_{r2}) \end{aligned} \quad (17)$$

gdzie poszczególne pochodne cząstkowe są współczynnikami wrażliwości c_V , c_S , c_{T1} , c_{T2} itd. związanymi z poszczególnymi parametrami wyznaczanymi pomiarowo, a iloczyny tych współczynników i odpowiadających im niepewności standardowych reprezentują udziały niepewności cząstkowych w niepewności standardowej złożonej wyznaczania współczynnika pochłaniania dźwięku.

2. Niepewności standardowe parametrów mierzonych w celu wyznaczenia współczynnika pochłaniania dźwięku

2.1. Czas pogłosu w komorze pogłosowej mierzony w obecności badanej próbki oraz bez niej

Czas pogłosu mierzony jest dla każdego pasma częstotliwości w n punktach pomieszczenia (lub komory badawczej). Estymatą wyniku pomiaru jest wartość średnia T_f . W takim przypadku niepewność standardowa wartości średniej T_f jest równa eksperymentalnemu odchyleniu standardowemu średniej z n cykli niezależnych pomiarów $T_{f,i=1, \dots, n}$.

$$u(T_f) = s(T_f) = \frac{s(T_{f,i})}{\sqrt{n}}, s \quad (18)$$

Zakłada się, że jest to rozkład Studenta, z $n-1$ stopniami swobody, gdzie n jest liczbą pomiarów.

2.2. Pole powierzchni badanej próbki

Zakładając rozkład prostokątny, z kwantem rozdzielczości $0,01 \text{ m}^2$ i granicą rozdzielczości $\pm 0,005 \text{ m}^2$, niepewność standardowa wyznaczenia pola powierzchni badanej próbki wynosi

$$u(S) = \frac{0,005 \text{ m}^2}{\sqrt{3}} = 0,0029 \text{ m}^2 \quad (19)$$

2.3. Objętość komory pogłosowej

Zakładając rozkład prostokątny, z kwantem rozdzielczości 1 m^3 i granicą rozdzielczości $\pm 0,5 \text{ m}^3$, niepewność standardowa wyznaczenia objętości komory odbiorczej wynosi

$$u(V) = \frac{0,5 \text{ m}^3}{\sqrt{3}} = 0,2887 \text{ m}^3 \quad (20)$$

2.4. Czynniki środowiskowe

Równanie pomiaru dla czynników środowiskowych, takich jak temperatura, ciśnienie atmosferyczne i wilgotność względna w komorze pogłosowej, ma postać

$$e = e_0 + \delta e_1 + \delta e_2 + \delta e_3 + \delta e_4 \quad (21)$$

gdzie e_0 – wartość odczytana,
 δ_{e1} – rozrzut wskazań czujnika,
 δ_{e2} – rozdzielczość wskazań czujnika,
 δ_{e3} – błąd wskazań czujnika,
 δ_{e4} – niepewność wyznaczenia błędu wskazań.

Odchylenie standardowe rozrzutu wskazań czujnika δ_{e1} wyznacza się jako estymatę połączoną odchyłeń standardowych m serii po n pomiarów

$$u(\delta e_1) = \frac{S_i(e_1)}{\sqrt{n}} \quad (22)$$

gdzie $S_i(e_1)$ – eksperymentalne odchylenie standardowe i -tej serii pomiarów

$$S_i(e_1) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m S_i(e_{1,j})^2}{m}} \quad (23)$$

Odchylenie standardowe rozdzielczości wskazań czujnika δe_2 jest wyznaczone przy założeniu rozkładu prostokątnego z granicami rozdzielczości wynoszącymi odpowiednio: $b = \pm 0,05^\circ\text{C}$, $b = \pm 0,05 \text{ kPa}$ lub $b = \pm 0,05\%$.

$$u(\delta e_2) = \frac{b}{\sqrt{3}} \quad (24)$$

Niepewności δe_3 i δe_4 wyznaczone są z wartości niepewności rozszerzonej U , określonej na poziomie ufności 95% dla rozkładu normalnego, w świadectwie wzorcowania przyrządu.

$$u(\delta e_3) = \frac{U(\delta e_3)}{k_{N,95\%}} = \frac{U(\delta e_3)}{2} \quad (25)$$

$$u(\delta e_4) = \frac{U(\delta e_4)}{k_{N,95\%}} = \frac{U(\delta e_4)}{2} \quad (26)$$

Równanie propagacji dla każdego z czynników środowiskowych e (temperatury, ciśnienia atmosferycznego i wilgotności względnej) ma postać:

$$u_c^2(e) = u^2(\delta e_1) + u^2\delta e_2 + u^2(\delta e_3) + u^2(\delta e_4) \quad (27)$$

3. Analiza budżetu niepewności wyznaczania współczynnika pochłaniania dźwięku dla pasma częstotliwości pomiarowych od 100 Hz do 5000 Hz

Przykładowy zestaw budżetów niepewności wyznaczania współczynnika pochłaniania dźwięku dla poszczególnych tercjowych pasm częstotliwości pomiarowych (od 100 Hz do 5000 Hz) przedstawiono w tabelicy 1. Szczegółowa jego analiza prowadzi do wniosku, że niepewność współczynnika pochłaniania dźwięku w zakresie wysokich częstotliwości zależy w znacznym stopniu od niepewności pomiaru wilgotności względnej w komorze badawczej.

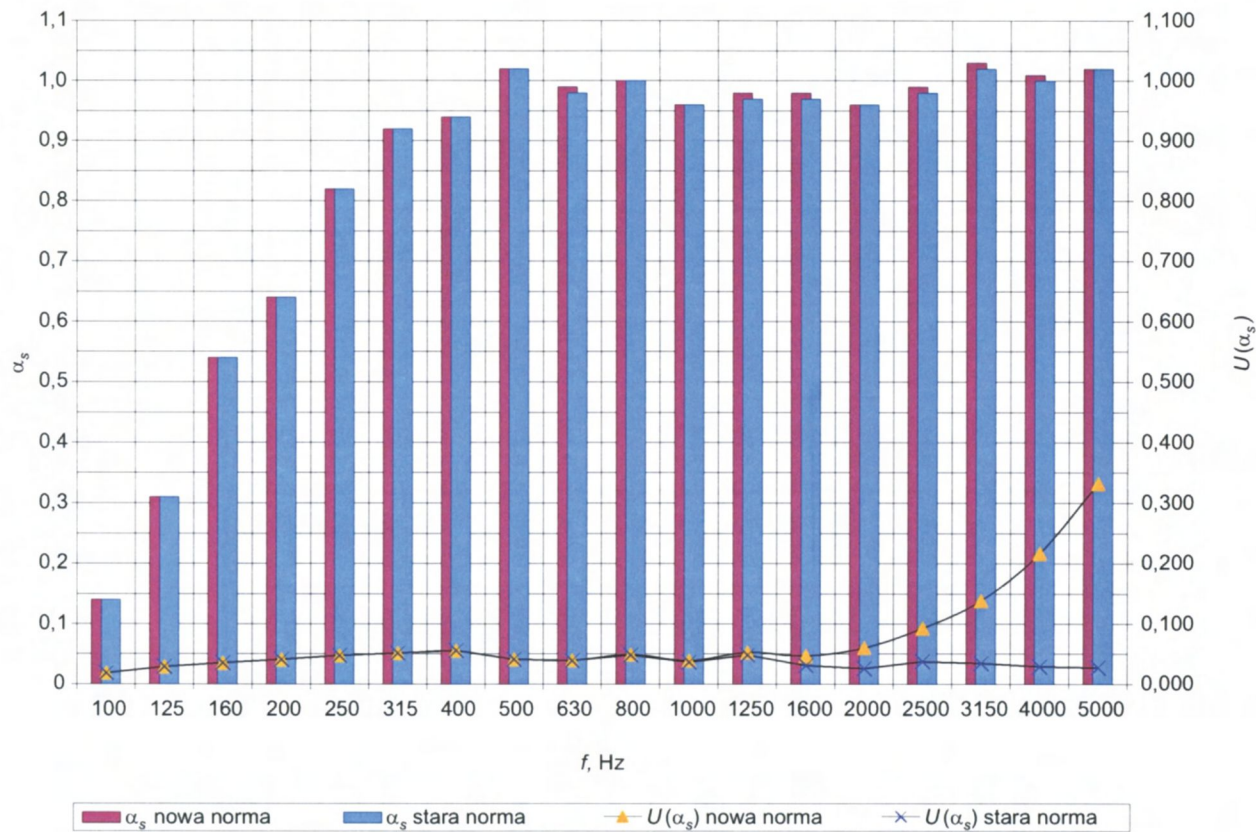
W poprzedniej wersji normy PN-EN ISO 354:2000 [8] możliwe zmiany warunków klimatycznych nie były brane pod uwagę ($m_1 = m_2 = 0$). W tabelicy 2 przedstawiono wyniki wartości współczynnika pochłaniania dźwięku α_s oraz odpowiadające mu wartości standardowej i rozszerzonej niepewności, wyznaczone z uwzględnieniem czynników środowiskowych i bez nich (tzn. zgodnie z obecną normą i poprzednim jej wydaniem). Można zauważyć, że mimo braku różnic pomiędzy wartościami m_1 i m_2 (opisującymi zmiany warunków klimatycznych), wartości współczynnika α_s w pasmach częstotliwości $f \geq 3150$ Hz, wyznaczone zgodnie z obecną normą [4], są nieco większe. Ale bardziej niepokojącym zjawiskiem jest fakt, że w zakresie wysokich częstotliwości niepewność pomiaru współczynnika pochłaniania wzrasta na tyle szybko, że jej wartość osiąga nawet 30% mierzonej wartości.

Na rysunku 1 za pomocą wykresów zilustrowano wyniki obliczeń wartości współczynnika pochłaniania dźwięku i niepewności rozszerzonej wykonanych zgodnie z obiema wersjami normy ISO 354 [4], [8].

Tablica 1. Niepewność standardowa i niepewność rozszerzona współczynnika pochłaniania dźwięku α_s oraz udziały niepewności standardowych czasu pogłosu i czynników środowiskowych wyznaczone dla poszczególnych pasm częstotliwości (przykład)

Table 1. Standard and extended uncertainty of sound absorption α_s and shares of the standard uncertainties of reverberation time and environment factors, evaluated for particular bands of frequencies (example)

f Hz	α_s	Udział niepewności czasu pogłosu		Udział niepewności czynników środowiskowych						$U_c(\alpha_s)$	$U(\alpha_s)$
		T_1	T_2	t_1	t_2	p_{a1}	p_{a2}	h_{r1}	h_{r2}		
100	0,14	0,0047	0,0077	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,009	0,018
125	0,31	0,0045	0,0135	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,014	0,029
160	0,54	0,0028	0,0171	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001	0,017	0,035
200	0,64	0,0070	0,0188	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0002	0,020	0,041
250	0,82	0,0074	0,0221	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003	0,023	0,048
315	0,92	0,0068	0,0244	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0005	0,0005	0,025	0,052
400	0,94	0,0061	0,0266	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0007	0,0008	0,027	0,056
500	1,02	0,0064	0,0191	0,0001	0,0003	0,0000	0,0000	0,0011	0,0012	0,020	0,041
630	0,99	0,0047	0,0187	0,0002	0,0004	0,0000	0,0000	0,0017	0,0019	0,019	0,040
800	1,00	0,0044	0,0232	0,0003	0,0005	0,0000	0,0000	0,0028	0,0031	0,024	0,049
1000	0,96	0,0050	0,0172	0,0003	0,0006	0,0000	0,0000	0,0044	0,0049	0,019	0,039
1250	0,98	0,0032	0,0234	0,0004	0,0006	0,0000	0,0000	0,0069	0,0076	0,026	0,053
1600	0,98	0,0040	0,0147	0,0005	0,0007	0,0000	0,0000	0,0115	0,0125	0,023	0,047
2000	0,96	0,0041	0,0120	0,0006	0,0009	0,0000	0,0000	0,0181	0,0195	0,030	0,060
2500	0,99	0,0034	0,0181	0,0008	0,0010	0,0000	0,0000	0,0283	0,0303	0,045	0,093
3150	1,03	0,0050	0,0162	0,0010	0,0013	0,0000	0,0000	0,0449	0,0479	0,068	0,139
4000	1,01	0,0044	0,0137	0,0014	0,0017	0,0000	0,0000	0,0720	0,0765	0,106	0,217
5000	1,02	0,0078	0,0109	0,0019	0,0023	0,0000	0,0000	0,1114	0,1180	0,163	0,332



Rysunek 1. Porównanie wyników obliczeń wartości współczynnika pochłaniania dźwięku i niepewności rozszerzonej, zgodnie z obiema wersjami normy ISO 354 [4], [8]

Fig 1. Comparison of the calculation results of sound absorption coefficient and its extended uncertainty carried out according to both version of ISO 354 standard [4], [8]

Tablica 2. Przykład obliczeń wartości współczynnika pochłaniania dźwięku α_s i ich niepewności, przeprowadzonych zgodnie z obiema wersjami normy ISO 354 [4], [8]

Table 2. Set of calculation results of sound absorption coefficient α_s and its uncertainties conducted according to the both versions of standard ISO 354 [4], [8]

f Hz	PN-EN ISO 354:2005 [2]				PN-EN 20354:2000 [6]			Różnica α_s	Różnica $U(\alpha_s)$
	α_s	$u_c(\alpha_s)$	$U(\alpha_s)$	m_2-m_1	α_s	$u_c(\alpha_s)$	$U(\alpha_s)$		
100	0,14	0,009	0,018	0,000	0,14	0,009	0,018	-0,001	0,000
125	0,31	0,014	0,029	0,000	0,31	0,014	0,029	-0,004	0,000
160	0,54	0,017	0,035	0,000	0,54	0,017	0,035	0,000	0,000
200	0,64	0,020	0,041	0,000	0,64	0,020	0,041	0,005	0,000
250	0,82	0,023	0,048	0,000	0,82	0,023	0,048	0,004	0,000
315	0,92	0,025	0,052	0,000	0,92	0,025	0,052	0,000	0,000
400	0,94	0,027	0,056	0,000	0,94	0,027	0,056	0,001	0,000
500	1,02	0,020	0,041	0,000	1,02	0,020	0,041	0,004	0,000
630	0,99	0,019	0,040	0,000	0,98	0,019	0,039	0,006	0,000
800	1,00	0,024	0,049	0,000	1,00	0,024	0,048	0,005	0,001
1000	0,96	0,019	0,039	0,000	0,96	0,018	0,037	0,000	0,003
1250	0,98	0,026	0,053	0,000	0,97	0,024	0,048	0,008	0,005
1600	0,98	0,023	0,047	0,000	0,97	0,015	0,031	0,005	0,016
2000	0,96	0,030	0,060	0,000	0,96	0,013	0,026	0,003	0,034
2500	0,99	0,045	0,093	0,000	0,98	0,018	0,038	0,008	0,055
3150	1,03	0,068	0,139	0,000	1,02	0,017	0,035	0,007	0,104
4000	1,01	0,106	0,217	0,000	1,00	0,014	0,029	0,006	0,187
5000	1,02	0,163	0,332	0,000	1,02	0,013	0,027	0,001	0,305

Podsumowanie

Opracowanie budżetu niepewności pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku dla każdej częstotliwości pomiarowej pozwoliło określić, które z niepewności cząstkowych mają decydujący wpływ na niepewność złożoną, charakteryzującą dokładność pomiaru. Stwierdzono, że wpływ poszczególnych udziałów zmienia się w zależności od zakresu częstotliwości. Do $f \leq 1600$ Hz o niepewności standardowej współczynnika α decyduje niepewność wyznaczenia czasu pogłosu w komorze pogłosowej. W przypadku częstotliwości większych od 1600 Hz decyduje niepewność pomiaru wilgotności względnej, w sposób na tyle istotny, że niepewność pomiaru przekracza 30%.

Bibliografia

- [1] PN-EN ISO/IEC 17025:2005 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących
- [2] Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik. GUM, Warszawa 1999
- [3] Brunarski L.: Wyznaczanie niepewności wyników badań wytrzymałościowych. Poradnik. Seria: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki, 435/2008. ITB, Warszawa 2008
- [4] PN-EN ISO 354:2005 Akustyka – Pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej
- [5] PN ISO 9613-1:2000 Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej – Obliczanie pochłaniania dźwięku przez atmosferę
- [6] Fotowicz P.: Obliczanie niepewności rozszerzonej metodą analityczną opartą na splocie rozkładów wielkości wejściowych. *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 1/2005
- [7] Fotowicz P.: Metoda wyznaczania współczynnika rozszerzenia w procedurach szacowania niepewności pomiaru. *Pomiary Automatyka Robotyka*, nr 10/2003
- [8] PN-EN ISO 354:2000 Akustyka – Pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej

UNCERTAINTY OF MEASUREMENT OF SOUND ABSORPTION COEFFICIENT IN REVERBERATION ROOM

Summary

The standard PN-EN ISO/IEC 17025:2005 [1] on the competence of testing and calibration laboratories requires that these laboratories shall apply procedures for estimating the uncertainty of their measurement results. The general principles of uncertainty evaluation used in this paper are based on the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) [2] and the Guide elaborated in ITB, concerning the uncertainty in measurements of resistance [3]. One of the possibilities is to evaluate the budget of uncertainty, taking into account all components that contribute significantly to the final result. In case of the sound absorption coefficient measurement, carried out according to the standard PN-EN ISO 354:2005 [4], the overall uncertainty is first of all affected by the reverberation times T_1 , T_2 and the power attenuation coefficients m_1 and m_2 , calculated according to the PN-ISO 9613-1:2000 [5], representing the climatic conditions in the reverberation room. In spite of very little difference between the values m_1 and m_2 describing the changes of climatic conditions (usually, it is the case in laboratory), logarithmic-exponential form of the coefficient function causes that the uncertainty of measurement results increase with frequency very fast. Particularly for the high frequencies, the values of uncertainty are very important. Due to the lack of interlaboratory tests, enabling the determination of uncertainty in measurement of sound absorption coefficient in a reverberation room, the only possibility is to determine the uncertainty by the given laboratory. In the frame of research work NA-62 the own method, has been developed, connected with the measuring equipment and the methodology of measurement used in Acoustic Laboratory of Building Research Institute (ITB).

Praca wpłynęła do Redakcji 5 I 2011 r.