

Ćwiczenie 9

POMIAR POZIOMU DŹWIĘKU

9.1. Podstawy teoretyczne

Dźwięk jest zjawiskiem fizycznym polegającym na drganiu ośrodka sprężystego. Drgania rozchodzą się w postaci fal. Rozchodzenie się fali dźwiękowej polega na powstaniu zaburzenia w ośrodku, w postaci powstających chwilowych zagęszczeń i rozrzedzeń elementarnych cząstek ośrodka, powodujących powstawanie chwilowych zmian ciśnienia akustycznego. Dźwięk przeszkadzający, nieprzyjemny lub niepożądany nazywa się *hałasem*.

Długość fali dźwiękowej λ jest to odległość pomiędzy sąsiednimi maksymami lub minimami ciśnienia, czyli odległość jaką przebywa sinusoidalna fala dźwiękowa w czasie jednego okresu drgań. Długość fali dźwiękowej mierzy się w metrach

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (9.1)$$

gdzie: c – prędkość dźwięku, [m/s],

$$f = \frac{1}{T} \text{ – częstotliwość, [Hz],}$$

T – okres drgań, [s].

Prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu przy temperaturze 18°C wynosi 340 m/s.

Moc akustyczna źródła dźwięku M jest to ilość energii jaką wysyła źródło dźwięku w jednostce czasu. Jednostką mocy akustycznej jest wat, a jej wartość można oszacować z wyrażenia

$$M = \frac{p_a^2}{Z} A, \quad (9.2)$$

gdzie: p_a – ciśnienie akustyczne, [Pa],

Z – oporność akustyczna ośrodka, [(Pa s)/m],

A – pole powierzchni dźwięku, [m²].

Moc akustyczną niektórych źródeł hałasu podano w tabeli poniżej.

Tabela 9.1. Moc akustyczna niektórych źródeł hałasu.

Źródło hałasu	Moc akustyczna M [W]
Szept	1-5 10^{-8}
Normalna rozmowa	5-8 10^{-6}
Najgłośniejszy krzyk	1-3 10^{-3}
Klakson samochodowy	3-5
Orkiestra symfoniczna	50-70

Ciśnienie akustyczne p_a jest to różnica pomiędzy chwilową wartością ciśnienia P , zaistniałą w momencie przejścia fali dźwiękowej, a statycznym ciśnieniem atmosferycznym P_o istniejącym w danym punkcie przed wywołaniem drgań

$$p_a = P - P_o. \quad (9.3)$$

Ciśnienie akustyczne mierzy się w Pascalach [Pa = N/m²]. Ze względu na dużą rozpiętość spotykanych wartości ciśnienia akustycznego wprowadzono względną miarę logarytmiczną określającą poziom ciśnienia akustycznego

$$L_p = 20 \lg \frac{p_a}{p_o} \quad \Rightarrow \quad L_p = 20 \lg p + 94, \quad (9.4)$$

gdzie: L_p – poziom ciśnienia akustycznego, [dB],

$p_o = 2 \cdot 10^{-5}$ – ciśnienie akustyczne odniesienia, [Pa].

Oporność falowa jest to wielkość charakteryzująca reakcję ośrodka na falę akustyczną. Jej wartość określa się ze wzoru

$$Z_f = \frac{P_a}{v}, \quad (9.5)$$

gdzie: Z_f – oporność falowa, [(Pa s)/m],

v – prędkość drgań cząsteczek ośrodka, [m/s].

Oporność falowa nie oznacza strat energii fali w ośrodku, natomiast charakteryzuje prędkość drgań cząstek przy określonej wartości ciśnienia akustycznego. W przypadku fali płaskiej, oporność falowa jest równa oporności falowej właściwej (oporności akustycznej) Z , której wartość oblicza się z wyrażenia

$$Z = \rho c, \quad (9.6)$$

gdzie: ρ – gęstość ośrodka, [kg/m³].

Oporność akustyczna właściwa powietrza w warunkach normalnych czyli w temperaturze 20°C i przy ciśnieniu atmosferycznym równym 760 mm Hg wynosi 412 (Pa s)/m.

Natężenie dźwięku jest to moc akustyczna, jaką przenosi fal dźwiękowa przez przekrój prostopadły do kierunku rozchodzenia się fali

$$I = \frac{M}{A}, \quad (9.7)$$

gdzie: I – natężenie dźwięku, [W/m²].

Natężenie dźwięku dla fali płaskiej może być określone z wyrażenia

$$I = \frac{P_a^2}{Z}. \quad (9.8)$$

Natężenia dźwięku spotykane w praktyce wahają się od 10⁻⁷ do 10⁶ W/m².

Hałaśliwość określa dokuczliwość hałasu i jest określana w noyosach. 1 Nays jest to hałaśliwość wstęgi dźwięku o częstotliwości w granicach 910-1090 Hz i poziomie ciśnienia akustycznego 40 dB odczuwana przez średniego obserwatora. Porównanie hałaśliwości dwu źródeł hałasu o ustalonych widmach można dokonać przedstawiając ich hałaśliwość w noyosach i porównując ze sobą obydwa wskaźniki. Znając charakterystykę poziomu ciśnienia określoną w pasmach tercjowych lub oktaowych można określić wskaźnik hałaśliwości korzystając ze wzoru

$$N = N_{max} + F \left(\sum_{i=1}^k N_i - N_{max} \right), \quad (9.9)$$

gdzie: N – wskaźnik hałaśliwości całego widma hałasu, [dB],

N_{max} – największy liczbowo wskaźnik hałaśliwości dla jednej oktawy lub tercji z całego widma, [dB],

N_i – wskaźnik hałaśliwości dla poszczególnej i -tej oktawy lub tercji z widma, [dB],

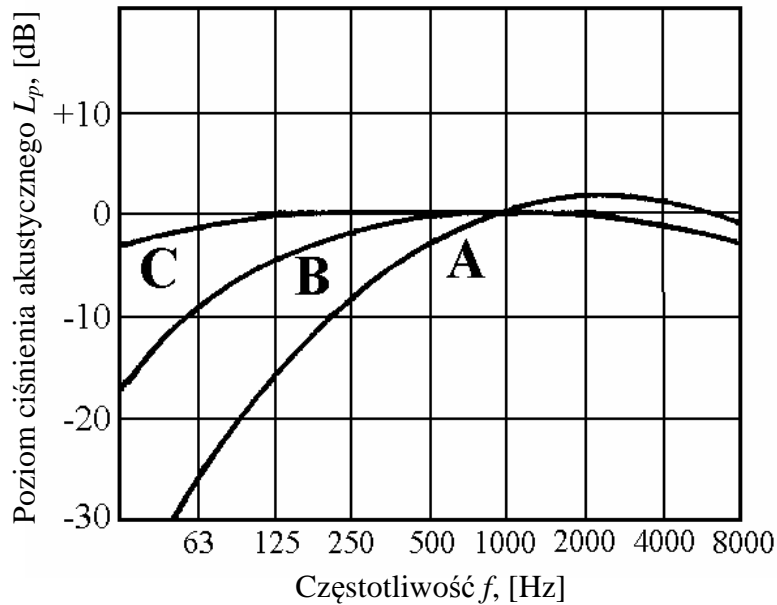
F – współczynnik dla pasm oktaowych równy 0,3 a dla tercjowych równy 0,15, [-].

Przy czym dla pasm oktaowych liczba $k = 8$ a dla tercjowych $k = 24$.

Poziom dźwięku L_A jest to korygowany poziom ciśnienia akustycznego. Korygowanie poziomu ciśnienia akustycznego ma na celu zbliżenie wyniku pomiaru do odczucia słuchowego doznawanego przez ucho ludzkie. Realizacja tego zamierzenia jest możliwa poprzez zastosowanie jednego z trzech filtrów korekcyjnych A, B, C w układzie pomiarowym. Pomiar poziomu dźwięku jest prowadzony przy pomocy miernika poziomu dźwięku oraz przy użyciu jednego z korektorów, stąd jednostki pomiarów [dB/A], [dB/B], [dB/C]. Charakterystyki przenoszenia filtrów korygujących są pokazane na rysunku 9.1. Wynik pomiaru poziomu akustycznego, o wartości podanej niżej, przy częstotliwości 1000 Hz, jest najbliższy wrażeniom słuchowym odbieranym przez ucho ludzkie:

- 0-55 dB charakterystyka A, [dB/A],
- 55-85 dB charakterystyka B, [dB/B],
- powyżej 85 dB charakterystyka C, [dB/C].

Przy pomiarze dźwięków impulsowych stosuje się czwarty filtr korekcyjny D. Od pewnego czasu, niezależnie od wartości poziomu hałasu, dla oceny jego uciążliwości stosuje się charakterystykę A.



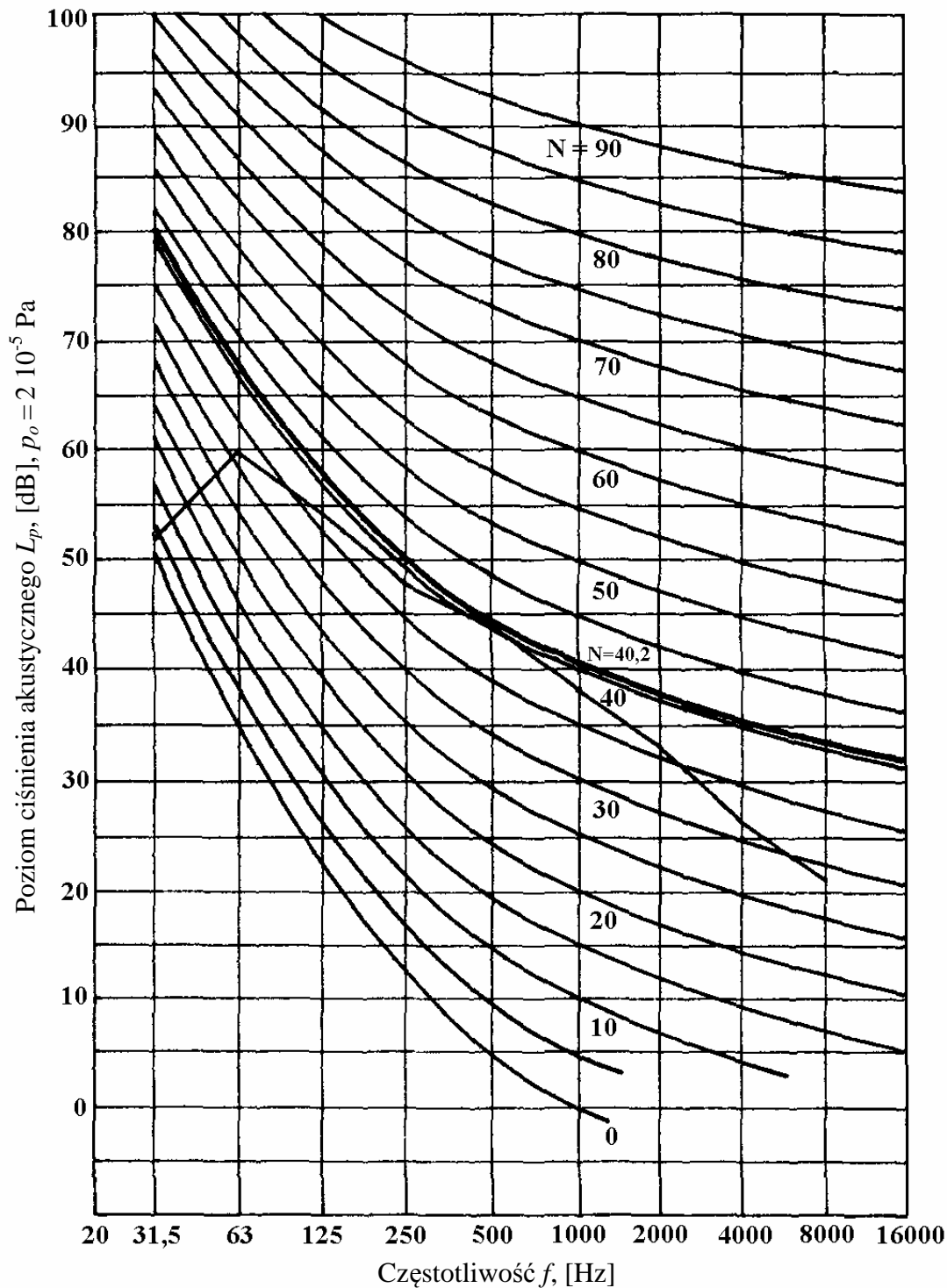
Rys. 9.1. Charakterystyki przenoszenia korekcji A, B, C.

Mierniki poziomu dźwięku zaopatrzone są zazwyczaj w zespół filtrów i w układy ważenia A, B, C, D, które umożliwiają dokonywanie pomiaru ciśnienia akustycznego w poszczególnych pasmach oktawowych p_a , jak też poziomu dźwięku hałasu L_A w dB/A, dB/B, dB/C, dB/D. Znając wartości ciśnienia akustycznego dla poszczególnych pasm oktawowych możemy obliczyć odpowiadające im wartości poziomu ciśnienia akustycznego L_p korzystając ze wzoru (9.4).

Oddziaływanie hałasu o widmie złożonym określa się za pomocą wskaźnika oceny hałasu N nazywanego również liczbą hałasową. Wskaźnik ten określa się za pomocą nomogramu podanego na rysunku 9.2. Metoda określania wartości N jest następująca: nanosi na nomogram otrzymane z badań lub obliczeń wartości poziomu ciśnienia akustycznego odpowiadające określonym częstotliwościom. Naniesione punkty łączy się odcinkami prostymi. Wartość wskaźnika hałasu określa liczbowy symbol krzywej N położonej najbliżej nad wykreślonym przebiegiem poziomów ciśnień w funkcji częstotliwości. Wykreślona łamana może być styczna do danej krzywej N , jednak w żadnym punkcie nie może jej przecinać.

9.2. Przebieg badania

Celem ćwiczenia jest określenie w pomieszczeniu poziomu ciśnienia akustycznego w poszczególnych częstotliwościach pasm oktawowych widma hałasu oraz ustalenie na tej podstawie wskaźnika oceny hałasu N (liczby hałasowej).



Rys. 9.2. Nomogram do wyznaczania liczby hałasowej N .

Pomiar ciśnienia akustycznego w poszczególnych pasmach oktawowych wykonuje się przy wykorzystaniu miernika poziomu dźwięku. Średnie częstotliwości pasm oktawowych wynoszą: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000 i 4000 Hz. Badanie należy powtórzyć trzykrotnie i dla każdego pomiaru ustalić wartości liczby hałasowej N_i , gdzie i jest numerem pomiaru. Wyniki pomiarów należy umieścić w tabeli 9.2.

9.3. Opracowanie wyników

Dla każdej wartości ciśnienia akustycznego odpowiadającej poszczególnym pasmom oktawowym należy obliczyć, ze wzoru (9.4), odpowiadające im wartości poziomu ciśnienia akustycznego. Otrzymane wartości (dla danego i -tego pomiaru) należy nanieść w postaci punktów na nomogram przedstawiony na

rysunku 9.2., połączyć je odcinkami prostymi, a następnie ustalić wartość liczbową wskaźnika poziomu hałasu N_i .

Jako ostateczną wartość liczby hałasowej N należy przyjąć średnią arytmetyczną obliczoną ze wskaźników otrzymanych we wszystkich przeprowadzonych próbach

$$N = \frac{\sum_{i=1}^k N_i}{k}, \quad (9.10)$$

gdzie k jest liczbą pomiarów.

Tabela 9.2. Tabela pomiarowa.

Nr	Mierzone wielkości	Średnie wartości pasm oktaowych [Hz]								Liczba N_i
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Ciśnienie akustyczne [Pa]									
	Poziom ciśnienia [dB]									
2	Ciśnienie akustyczne [Pa]									
	Poziom ciśnienia [dB]									

9.4. Zakres opracowania

Opracowanie powinno zawierać:

- krótkie omówienie analizowanych zjawisk wraz z definicjami mierzonych wielkości,
- opis eksperymentu wraz z podaniem warunków pomiaru (rodzaj pomieszczenia, źródeł hałasu, rodzaj zastosowanego miernika poziomu dźwięku),
- tabelę pomiarów identyczną z tabelą 9.2,
- obliczenia poziomów ciśnienia akustycznego dla poszczególnych pasm oktaowych ze wszystkich przeprowadzonych serii pomiarowych,
- nomogramy uzyskanych zależności poziomu ciśnienia akustycznego od częstotliwości $L_p(f)$ dla każdego pomiaru i uzyskane na ich podstawie liczby hałasowe N_i ,
- ostateczną, obliczoną zgodnie ze wzorem 9.10, wartość wskaźnika poziomu hałasu N .