



Wprowadzenie teoretyczne

Doświadczenie „H A Ł A S”

Dźwięk jest zjawiskiem zaburzenia ośrodka sprężystego rozchodzącym się falowo z daną częstotliwością. W zakresie do 20Hz mamy do czynienia z infradźwiękami, następnie w zakresie od 20Hz do 20kHz występują dźwięki słyszalne, a powyżej 20kHz ultradźwięki.

Hałas to dźwięk, którego występowanie w danym obszarze i w określonym czasie jest niepożądane, a jego charakter i poziom są uciążliwe, bądź też szkodliwe dla odbiorcy. Hałas podzielić można na 3 rodzaje: impulsowy – o czasie nie dłuższym niż 0,2 s; o poziomie nieustalonym – zmienny w zakresie większym niż 5 dB; o poziomie ustalonym – stały bądź zmienny w zakresie do 5 dB.

Aby opisać hałas, który jest zjawiskiem subiektywnym, należy wpierw dokonać analizy pomiaru poziomu ciśnienia akustycznego. **Ciśnienie akustyczne** to lokalne odchylenie wartości ciśnienia statycznego ośrodka (np. powietrza) podczas rozchodzenia się dźwięku. Dolną granicą słyszalności dla ludzi są zmiany o wartości ciśnienia odniesienia tj. $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$. Ludzkie ucho rejestruje zmiany ciśnienia w sposób logarytmiczny, stąd bardziej poręcznym stało się wykorzystanie skali tzw. poziomu ciśnienia akustycznego, obliczanego za pomocą wzoru:

$$L_p = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

gdzie: p – średnia kwadratowa ciśnienia akustycznego $[\text{Pa}]$. Ze względu na logarytmiczny charakter poziomu ciśnienia akustycznego, stosowaną jednostką jest dB .

W przypadku występowania jednego określonego źródła dźwięku stosuje się uproszczenie w postaci:

$$L_{p1} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right) \quad [\text{dB}]. \quad (2)$$

Problemem przy wykorzystaniu poziomu ciśnienia akustycznego jest brak uwzględnienia zmiennych właściwości słuchu ludzkiego przy zmianie głośności dźwięku (przy małych poziomach ciśnienia średnie częstotliwości są lepiej słyszalne). Aby zniwelować ten efekt stosowane są mierniki o filtrach A, B lub C, które uwzględniają odpowiednie krzywe ważenia. Uzyskane w ten sposób wartości mierzone nazywa się poziomem dźwięku. W ćwiczeniu wykorzystywany jest miernik o charakterystyce A, stąd mierzona wartość poziomu dźwięku oznaczana będzie L_{pA} .

Całość dźwięków wytwarzanych przez dane urządzenie określa się jako moc akustyczną P_A , której jednostką jest W (wat). Ze względu na logarytmiczny charakter odbioru dźwięków przez ludzi, bardziej wygodnym jest wykorzystanie tzw. poziomu mocy akustycznej, która to wartość opisywana jest wzorem:

$$L_W = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_A}{P_{A0}} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

gdzie: P_{A0} – moc akustyczna odniesienia równa 10^{-12} W/m^2 .

W przeciwieństwie do poziomu ciśnienia akustycznego, poziom mocy akustycznej urządzenia nie zależy od odległości, ani warunków otoczenia, stąd wykorzystuje się go do porównywania głośności różnych zjawisk, bądź maszyn. Przykładowe porównanie widać poniżej w Tabeli 1.

Tabela 1. Orientacyjne wartości mocy akustycznej oraz poziomów mocy akustycznej wybranych urządzeń i zjawisk.

Źródło dźwięku	Moc akustyczna [W]	Poziom mocy akustycznej [dB]
Granica słyszalności	10^{-12}	0
Szelest lasu	10^{-11}	10
Szept	0,000 000 000 1	20
Mowa ludzka	0,000 000 7	58
Samochód	0,000 01	70
Głośna rozmowa	0,000 1	80
Głośny śpiew	0,002	93
Młot pneumatyczny	0,1	110
Fortepian (forte)	0,2	113
Organy kościelne	4	126
Klakson samochodowy	5	127
Głośnik koncertowy	100	140
Syrena alarmowa	3 000	155
Odrzutowiec	10 000	160
Rakiet kosmiczna	100 000 000	200
Wybuchu wulkanu Krakatau z 1883 roku	10^{24}	360

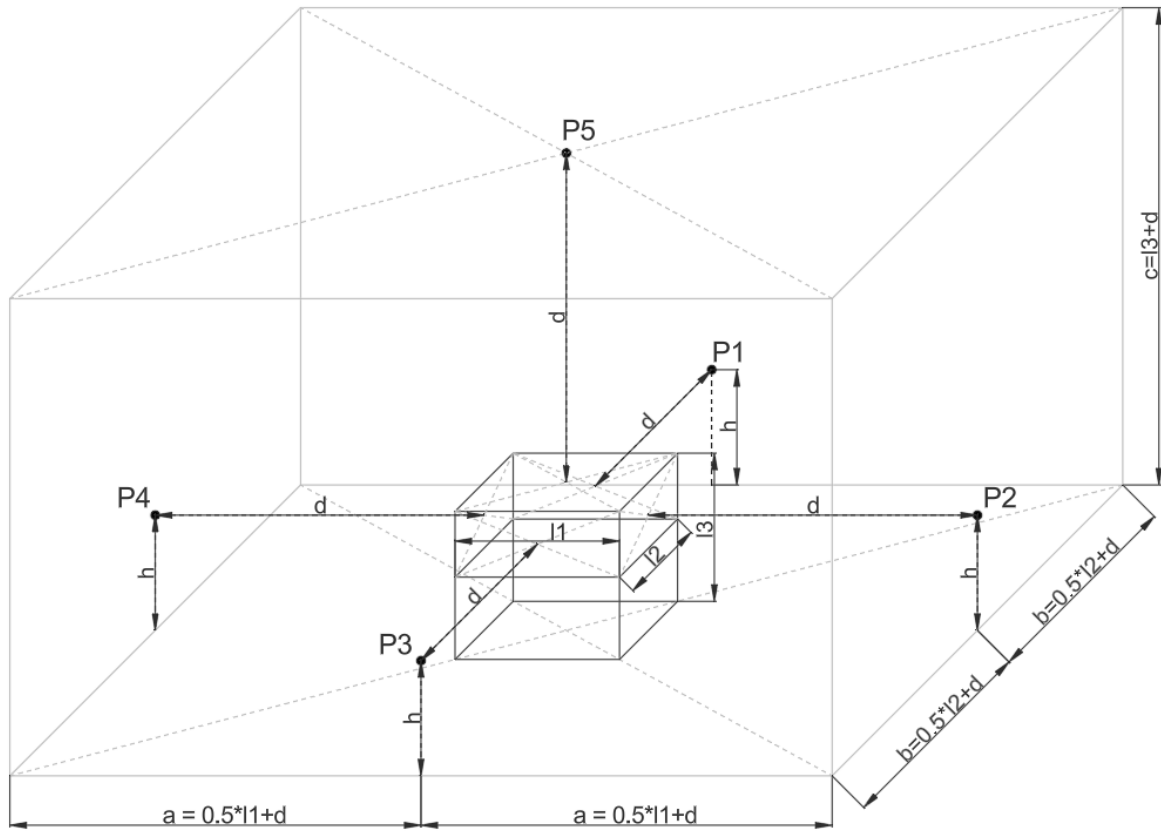
Zgodnie z normami określania poziomów mocy akustycznej urządzeń definiowane są trzy klasy dokładności pomiaru:

1. Laboratoryjna, wykorzystywana w zastosowaniach specjalistycznych; wymaga usunięcia z pomiarów środowiska badawczego, stąd konieczność stosowania komór bezechowych, półbezechowych, bądź pogłosowych,
2. Techniczna, wykorzystywana do określania przez producentów deklarowanego poziomu hałasu urządzenia; wymaga stosowania komory pogłosowej, bądź pomieszczenia o ścianach odbijających dźwięk,
3. Orientacyjna, wykorzystywana do oceny wstępnej poziomu hałasu urządzeń; nie wymagająca specjalnego środowiska pomiarowego.

Ze względu na ograniczenia czasowe oraz infrastrukturalne, w ćwiczeniu wykorzystywana będzie metoda orientacyjna oparta na normach: EN ISO 3746 oraz PN-81/N-01306.

W trakcie pomiaru urządzenie badane powinno być umieszczone w środku pomieszczenia. Wokół niego wyznaczana jest tzw. powierzchnia pomiarowa, czyli ściany prostopadłościanu, ograniczone położeniami punktów pomiarowych, w których umieszczany będzie mikrofon. Odległość mikrofonu od badanego urządzenia powinna zawierać się w tzw. polu swobodnym, czyli obszarze w którym poziom ciśnienia akustycznego maleje liniowo wraz ze wzrostem odległości od urządzenia, ze względu na zmniejszone wpływy właściwości urządzenia (widoczne w polu bliskim) oraz fal odbitych (istotnych w polu pogłosowym). Środek pola swobodnego przypada na odległość $d = 1$ m, jednak odległość pomiarowa może być zmniejszona nawet do 0,25 m w przypadku dużych wpływów dźwięków odbitych, bądź zwiększona ze względów bezpieczeństwa.

Wymiary urządzenia wraz z odległością pomiarową pozwalają wyznaczyć wymiary charakterystyczne, opisujące powierzchnię pomiarową. Zgodnie z normą EN ISO 3746 dla urządzeń o wysokości mniejszej niż 2 m i pozostałych wymiarach mniejszych niż 1 m stosuje się 5 punktów pomiarowych, umieszczonych zgodnie z rys. 1.



Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych oraz wyznaczona przez nie powierzchnia pomiarowa i wymiary charakterystyczne.

Kolejne (i-te) wartości poziomu dźwięku L_{pAi} uzyskane w trakcie pomiarów muszą zostać uśrednione do równoważnego poziomu dźwięku za pomocą wzoru:

$$L_{pA} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{pAi}}{10}} \right) \quad [dB] \quad (4)$$

gdzie: n – ilość punktów pomiarowych (tu: $n = 5$) [-]; i – i-ty punkt pomiarowy [-].

Uzyskana wartość jest jednak obarczona wpływem dźwięków otoczenia oraz dźwięków badanego urządzenia, odbitych od powierzchni pomieszczenia. Stąd stosowane kolejno poprawki: K_{1A} uwzględniająca hałas tła oraz K_{2A} uwzględniająca dźwięki odbite.

W celu obliczenia pierwszej poprawki wymagane jest wykonanie serii pomiarów L'_{pAi} w punktach pomiarowych przy wyłączonym urządzeniu badanym. Tak samo jak w przypadku pomiarów poziomu dźwięku hałasu urządzenia należy obliczyć równoważny poziom dźwięku otoczenia:

$$L'_{pA} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L'_{pAi}}{10}} \right) \quad [dB] \quad (5)$$

Powyższa wartość służy do określenia poprawki uwzględniającej hałas tła. Obliczana jest ona na podstawie równania:

$$K_{1A} = -10 \cdot \log_{10} \left(1 - 10^{\frac{L'_{pA} - L_{pA}}{10}} \right) \quad [dB] \quad (6)$$

W przypadku poprawki uwzględniającej dźwięki odbite należy wpierw określić parametry pomieszczenia, w którym dokonuje się pomiarów. Pierwszym z nich jest pole powierzchni pomieszczenia, czyli wszystkich ścian, sufitu i podłogi:

$$S = 2 \cdot (X \cdot Y + Y \cdot Z + X \cdot Z) \quad [m^2] \quad (7)$$

gdzie: X – długość pomieszczenia [m]; Y – szerokość pomieszczenia [m]; Z – wysokość pomieszczenia [m].

Kolejnym wymagany parametrem jest pole powierzchni pomiarowej S_v , które obliczane jest na podstawie parametrów charakterystycznych:

$$a = \frac{l_1}{2} + d \quad [m] \quad (8)$$

$$b = \frac{l_2}{2} + d \quad [m] \quad (9)$$

$$c = l_3 + d \quad [m] \quad (10)$$

$$S_v = 4 \cdot (a \cdot b + b \cdot c + a \cdot c) \quad [m^2] \quad (11)$$

gdzie: a – parametr charakterystyczny po długości $[m]$; l_1 – długość urządzenia badanego $[m]$; d – odległość pomiarowa $[m]$; b – parametr charakterystyczny po szerokości $[m]$; l_2 – szerokość urządzenia badanego $[m]$; c – parametr charakterystyczny po wysokości $[m]$; l_3 – wysokość urządzenia badanego $[m]$.

W zależności od materiału, z którego wykonane są ściany pomieszczenia pomiarowego oraz jej wyposażenia dźwięki mogą być bardziej tłumione, albo odbite. Aby orientacyjnie określić sposób w jaki będą zachowywać się fale dźwiękowe opisuje średnia wartość współczynnika pochłaniania w pomieszczeniu α_s . Zgodnie z normą PN-81/N-01306 dla pomieszczeń z twardymi meblami lub wyposażeniem technicznym α_s przyjmuje wartość 0,15. Na jego podstawie obliczyć można chłonność akustyczną pomieszczenia:

$$A = \alpha_s \cdot S_v \quad [m^2] \quad (12)$$

gdzie: A – chłonność akustyczna pomieszczenia $[m^2]$.

Wartość poprawki uwzględniającej dźwięki odbite oblicza się zgodnie ze wzorem:

$$K_{2A} = 10 \cdot \log_{10} \left(1 + \frac{4 \cdot S}{A} \right) \quad [dB] \quad (13)$$

Wartość poziomu mocy akustycznej urządzenia L_w , określana jest na podstawie poniższego wzoru:

$$L_w = L_{pA} - K_{1A} - K_{2A} + 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad [dB] \quad (14)$$

gdzie: $S_0 = 1 m^2$.

Pytania do przygotowania:

„HAŁAS”

1. Podaj definicję dźwięku.
2. Podaj definicję hałasu.
3. Podaj i opisz rodzaje hałasu.
4. Czym jest ciśnienie akustyczne?
5. Zdefiniuj i podaj wartość ciśnienia akustycznego odniesienia.
6. Czym jest poziom ciśnienia akustycznego i dlaczego się go stosuje?
7. Czym jest poziom dźwięku, czym różni się on od poziomu ciśnienia akustycznego i dlaczego się go stosuje?
8. Czym jest moc akustyczna?
9. Zdefiniuj i podaj wartość mocy akustycznej odniesienia.
10. Czym jest poziom mocy akustycznej i do czego się go stosuje?
11. Podaj 2 przykładowe źródła hałasu i ich poziom mocy akustycznej.
12. Czym się różni pomiar poziomu dźwięku w klasie I od pomiaru w klasie III?
13. Dlaczego wartość równoważna uśrednionego poziomu dźwięku nie jest średnią arytmetyczną?

Wskazówki do wykonania pomiarów

1. Określić wymiary urządzenia badanego, razem z odległością do podłoża.
2. Określić wymiary pomieszczenia.
3. Obliczyć wymiary charakterystyczne.
4. Ustawić mikrofon w pozycji “1” zgodnie z rys. 1 (Do wykonania)
5. Włączyć miernik natężenia dźwięku.
6. Wcisnąć przycisk “Wyniki”.
7. Przełączyć miernik natężenia dźwięku na pomiar wartości równoważnej z charakterystyką “A” (LAeq).
8. Rozpocząć pomiar natężenia hałasu tła za pomocą przycisku “▶”. Powinien on trwać około 1 minutę.
9. Zapisać wartość zmierzoną.
10. Skasować ostatni pomiar wciskając kolejno przyciski: “kasuj”, “▶”, “↶”.
11. Włączyć badane urządzenie.
12. Wykonać pomiar hałasu urządzenia przez około 1 minutę.
13. Zapisać wynik pomiaru.
14. Wyłączyć badane urządzenie.
15. Skasować ostatni pomiar w mierniku poziomu dźwięku.
16. Powtarzać kroki od 8 do 15 umieszczając mikrofon w kolejnych pozycjach pomiarowych
17. Wyłączyć miernik natężenia dźwięku i uporządkować stanowisko.

„HAŁAS”

Tabela 2. Wartości zmierzone oraz przyjęte na podstawie norm, potrzebne do wykonania późniejszych obliczeń:

Nazwa wymiaru		Symbol	Wynik	Jednostka
Wymiary urządzenia	Długość	l_1		[m]
	Szerokość	l_2		[m]
	Wysokość (z podstawą)	l_3		[m]
Odległość pomiarowa		d		[m]
Parametry charakterystyczne	Po długości	a		[m]
	Po szerokości	b		[m]
	Po wysokości	c		[m]
Wysokość pomiarowa		h		[m]
Pole powierzchni pomiarowej		S		[m ²]
Wymiary pomieszczenia	Długość	X		[m]
	Szerokość	Y		[m]
	Wysokość	Z		[m]
Powierzchnia pomieszczenia		S_v		[m ²]
Liczba punktów pomiarowych		n		[-]
Wartość średnia współczynnika pochłaniania		α_s		[-]
Chłonność akustyczna pomieszczenia		A		[m ²]

Tabela 3. Wyniki pomiarów poziomu dźwięku otoczenia oraz poziomu hałasu badanego urządzenia:

L. p.		1	2	3	4	5
L_{pAi}	[dB]					
L'_{pAi}	[dB]					

Wartość równoważnego poziomu hałasu urządzenia $L_{pA} = \dots\dots\dots$ Wartość równoważnego poziomu dźwięku otoczenia $L'_{pA} = \dots\dots\dots$ Wartość poprawki uwzględniającej hałas tła $K_{1A} = \dots\dots\dots$ Wartość poprawki uwzględniającej dźwięki odbite $K_{2A} = \dots\dots\dots$ Wartość poziomu mocy akustycznej urządzenia $L_w = \dots\dots\dots$

Wnioski i spostrzeżenia: