

Instrukcja do laboratorium z fizyki budowli

Ćwiczenie: **Pomiar i ocena hałasu w pomieszczeniu**

1. Wprowadzenie.

1.1. Energia fali akustycznej.

Podstawowym pojęciem jest moc akustyczna źródła, która jest miarą ilości energii wytwarzanej przez źródło w jednostce czasu.

$$P = \frac{E}{\tau} \quad (1)$$

gdzie:

E - energia akustyczna źródła [J]

τ - czas [s]

Ilość energii akustycznej przepływającej przez jednostkową powierzchnię w ciągu jednej sekundy nosi nazwę natężenia dźwięku

$$I = \frac{E}{S\tau} = \frac{P}{S} \quad (2)$$

S - powierzchnia [m²]

Inną zależnością opisującą natężenie dźwięku jest związek z ciśnieniem akustycznym

$$I = \frac{p^2}{\rho c} \quad (3)$$

p - ciśnienie akustyczne

Mianownik ρc nosi nazwę impedancji akustycznej ośrodka. Jest to złożona funkcja zespolona, ale w przypadku powietrza i w wystarczająco dużej odległości od źródła dźwięku można przyjąć, że $\rho c = 407 \text{ kgm}^2/\text{s}$.

Natężenie dźwięku jest zatem proporcjonalne do kwadratu ciśnienia akustycznego.

1.2. Poziom natężenia dźwięku, decybele.

Źródła dźwięku charakteryzują się bardzo szerokim zakresem mocy akustycznych. Ciśnienia akustyczne i natężenia dźwięku również zmieniają się w bardzo dużym zakresie wartości. W związku z tym w akustyce stosuje się zależności logarytmiczne, które pozwalają przeprowadzić kompresję skali w stosunku do zależności liniowych.

Tabela I
Moce akustyczne i poziomy mocy przykładowych źródeł dźwięku.

| Moc [W] | Poziomy mocy [dB] | Rodzaj źródła hałasu |
|----------------|-------------------|----------------------|
| 100000000 | 200 | |
| 1000000 | 180 | rakieta |
| 10000 | 160 | samolot odrzutowy |
| 100 | 140 | |
| 1 | 120 | |
| 0,01 | 100 | młot pneumatyczny |
| 0,0001 | 80 | głośna rozmowa |
| 0,000001 | 60 | zwykła rozmowa |
| 0,00000001 | 40 | |
| 0,0000000001 | 20 | szept |
| 0,000000000001 | 0 | próg słyszenia |

Wyrażony w decybelach poziom dowolnej wielkości fizycznej w porównaniu z przyjętą wartością odniesienia definiowany jest jako

$$L = 10 \lg \frac{x}{x_0} \quad (4)$$

x – wartość wielkości fizycznej

x_0 – wartość odniesienia

W akustyce operuje się pojęciem poziomu mocy akustycznej L_p , poziomu natężenia dźwięku L_I i poziomu ciśnienia akustycznego L_p .

$$L_p = 10 \lg \frac{P}{P_0} \quad \text{moc odniesienia } P_0 = 10^{-12} \text{ W} \quad (5)$$

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad \text{natężenie odniesienia } I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad (6)$$

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0} \quad \text{ciśnienie odniesienia } p_0 = 20 \mu\text{Pa} \quad (7)$$

Obowiązują następujące wzory przeliczeniowe :

$$L_p = L_l + 0,2 \cong L_l \quad (8)$$

1.3. Dodawanie poziomów

Jeśli pominiemy takie zjawiska falowe jak interferencja, co jest słuszne przy analizie większości spotykanych w praktyce sygnałów akustycznych to możemy sumować moce i natężenia dźwięku w sposób arytmetyczny. Nie można w ten sposób dodawać wyrażonych w decybelach poziomów.

Przykład

Poziom natężenia dźwięku w pomieszczeniu w którym znajduje się hałaśliwa maszyna wynosi $L_1=90\text{dB}$. O ile wzrośnie poziom jeśli wstawimy drugą taką samą maszynę przy założeniu, że odległość punktu obserwacji od obu maszyn jest taka sama jak przy pierwszym pomiarze.

Rozwiązanie:

Natężenie dźwięku I_1 związane z pracą jednej maszyny wynosi

$$I_1 = I_0 10^{0,1L_1} = 10^9 I_0$$

Po wprowadzeniu drugiej maszyny wypadkowe natężenie dźwięku I_w jest równe

$$I_w = 2I_1 = 2 \cdot 10^9 I_0$$

$$L_w = 10 \lg(2 \cdot 10^9) = 93 \text{dB}$$

Poziom natężenia dźwięku wzrośnie o 3 dB.

W praktyce inżynierskiej można wykorzystywać nomogramy, które pozwalają obliczyć wypadkowy poziom natężenia dźwięku bez konieczności przekształceń logarytmicznych. Należy obliczyć różnicę między sumowanymi poziomami dźwięku, na jej podstawie określić poprawkę i dodać ją do wyższego poziomu. Wartości poprawek przedstawione zostały w tabeli II.

Tabela II

| Różnica między poziomami | Poprawka, którą należy dodać do poziomu wyższego |
|--------------------------|--|
| 0 – 1dB | 3dB |
| 2 – 3dB | 2dB |
| 4 – 8dB | 1dB |
| powyżej 8dB | 0dB |

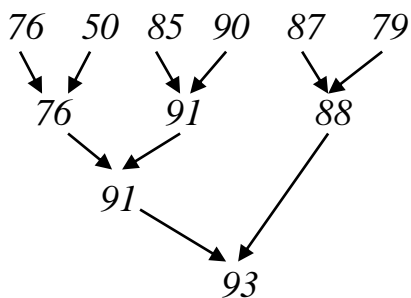
Korzystając z tabeli II można przeprowadzić sumowanie dwóch i więcej poziomów natężenia dźwięku.

Przykład

Jaki jest wypadkowy poziom natężenia dźwięku jeśli wielkości składowe wynoszą:

76dB, 50dB, 85dB, 90dB, 87dB, 79dB.

Rozwiązanie:



Wypadkowy poziom natężenia dźwięku wynosi 93dB.

1.4. Równoważny poziom dźwięku.

W dotychczasowych rozważaniach zakładaliśmy, że natężenie dźwięku jest stałe w funkcji czasu. Tego typu sytuacja rzadko występuje w praktyce pomiarowej. Najczęściej, w związku z włączaniem i wyłączaniem źródeł hałasu, poziom natężenia dźwięku się zmienia. W celu określenia pewnej zastępczej wartości stałej wprowadzono pojęcie równoważnego (ekwiwalentnego) poziomu dźwięku. Definicję tej wielkości podaje zależność:

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \tau_i 10^{0,1L_i} \quad (9)$$

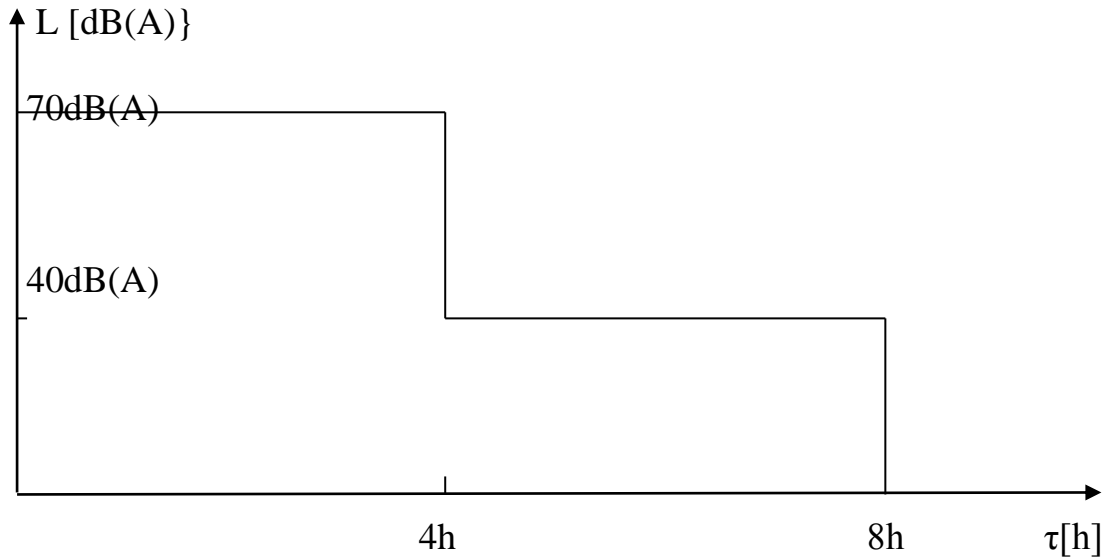
L_i - poziom dźwięku w przedziale czasu τ_i

τ_i – czas działania hałasu o poziomie L_i

T – czas obserwacji

Przykład

Obliczyć L_{eq} jeśli poziom hałasu zmienia się w funkcji czasu tak jak na rys.1



Rys.1

Rozwiązanie

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{8} (4 \cdot 10^7 + 4 \cdot 10^4) = 67 \text{ dB(A)}$$

1.5. Tło akustyczne

Jednym z czynników mających wpływ na dokładność pomiarów, jest poziom dźwięków otoczenia (tło akustyczne) w stosunku do hałasu, który podlega pomiarowi. W praktyce, sygnał mierzony powinien być o 3dB wyższy od poziomu tła, żeby nie „utonął” w szumie otoczenia. Poza tym w celu uzyskania prawidłowych wyników, należy dodatkowo wprowadzić korektę zmierzonych wartości względem tła tzn. odjąć od zmierzonego poziomu poziom tła stosując te same zasady jak przy dodawaniu.

1.6. Poziom średniego natężenia dźwięku

Równoważny poziom dźwięku zdefiniowany w p.1.4. jest pewnym uśrednieniem energetycznym w funkcji czasu. Jeśli chcemy określić poziom średniego natężenia dźwięku w pomieszczeniu na podstawie wyników uzyskanych w kilku punktach pomiarowych to należy skorzystać z zależności

$$L_{\dot{s}r} = 10 \lg \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m 10^{0,1L_i} \quad (10)$$

$L_{\dot{s}r}$ - poziom średniego natężenia dźwięku

m- liczba pomiarów

L_i – poziom natężenia dźwięku w i-tym punkcie

2.Podstawowe zasady przeprowadzania pomiarów

- 2.1.Sprawdzić stan baterii zasilających urządzenie pomiarowe
- 2.2.Przeprowadzić kalibrację miernika
- 2.3.Sprawdzić metody pomiarowe w odpowiednich normach
- 2.4.W celu określenia pola akustycznego przeprowadzić kilka pomiarów wstępnych
- 2.5.W celu minimalizacji odbić, należy trzymać przyrząd na odległość wyciągniętej ręki oraz zwrócić go w kierunku źródła hałasu. W przypadku oceny hałasu w pomieszczeniu, co jest treścią ćwiczenia, zgodnie z wymaganiami normowymi mikrofon powinien być skierowany do góry i znajdować się 1,2m nad podłogą.
- 2.6.Wybrać odpowiednią stałą czasową miernika (slow, fast, impuls)
- 2.7.Podczas pomiaru należy:
 - a)zachować odpowiednią odległość od powierzchni odbijających dźwięk (ok. 1m od ścian)
 - b)dokonać pomiaru w odpowiedniej odległości od źródła hałasu
 - c)sprawdzić poziom tła akustycznego
 - d)unikać pomiaru spoza obiektu ekranującego źródło dźwięku
 - e)stosować osłony przeciwwietrzne przy pomiarach w otwartym terenie
 - f)zwrócić uwagę na zakres pomiarowy, unikać przeciążenia miernika

3.Program ćwiczenia

Cel pomiaru: ocena hałasu w sali ćwiczeniowej

Tok postępowania:

- 1.Wykonać szkic pomiarowy
- 2.Wybrać trzy punkty pomiarowe
3. Wykonać pomiary tła akustycznego
- 4.Wykonać pomiary poziomu dźwięku A
- 5.Obliczyć poziom równoważny przy założeniu, że źródło pracuje 1h w ciągu dnia
- 6.Określić poziom równoważny
- 7.Porównać uzyskane wyniki z wartościami dopuszczalnymi
- 8.Obliczyć dopuszczalny czas pracy źródła hałasu
- 9.Wykonać raport pomiarowy

