

Procedura orientacyjna wyznaczania poziomu mocy źródeł ultradźwiękowych w oparciu o pomiary poziomu ciśnienia akustycznego w punktach pomiarowych lub metodą omiatania na powierzchni pomiarowej prostopadłościennej lub półkulistej w przestrzeni otwartej lub pomieszczeniu

1. Cel procedury

Celem procedury jest wyznaczenie poziomu mocy akustycznej $L_{w,s}$ (w przypadku źródeł emitujących hałas ustalony), średniego w czasie (równoważnego) poziomu mocy akustycznej $L_{w,eq}$ (w przypadku źródeł emitujących hałas nieustalony, w tym i nieustalony impulsowy), szczytowego poziomu mocy akustycznej $L_{w,peak}$ (w przypadku źródeł emitujących hałas impulsowy), w zakresie częstotliwości hałasu ultradźwiękowego, metodą orientacyjną, w przestrzeni otwartej lub pomieszczeniu, nad powierzchnią odbijającą.

2. Obiekt badań procedury

Obiektami badań są źródła hałasu, które emitują energię akustyczną w zakresie częstotliwości od ok. 10 kHz do ok. 40 kHz. Jako typowe źródła można wymienić technologiczne źródła ultradźwiękowe: płuczki ultradźwiękowe, myjki ultradźwiękowe, drążarki ultradźwiękowe, wanny do cynowania, maszyny do produkcji koronek, lutownice ręczne, skalery ultradźwiękowe, stożkarki ultradźwiękowe, zgrzewarki ultradźwiękowe, jetownice.

3. Zakres stosowania procedury

Procedurę stosuje się do wyznaczania poziomu mocy akustycznej $L_{w,s}$ (w przypadku źródeł emitujących hałas ustalony), średniego w czasie (równoważnego) poziomu mocy akustycznej $L_{w,eq}$ (w przypadku źródeł emitujących hałas nieustalony, w tym i nieustalony impulsowy), szczytowego poziomu mocy akustycznej $L_{w,peak}$ (w przypadku źródeł emitujących hałas impulsowy), źródeł, w zakresie częstotliwości hałasu ultradźwiękowego, tj. w tercjowych pasmach częstotliwości o częstotliwościach środkowych: 10, 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 40 kHz. Ww. wielkości wyznacza się na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk, w przestrzeni

otwartej lub pomieszczeniu. Charakter emitowanego przez źródło hałasu ultradźwiękowego: dowolny (ustalony, nieustalony, impulsowy).

4. Dokumenty odniesienia

W chwili obecnej brak jest odpowiednich dokumentów odniesienia dotyczących metody pomiarów poziomu mocy akustycznej źródeł w zakresie hałasu ultradźwiękowego. Dokumentami odniesienia będą, instrukcje: mikrofonów, analizatorów częstotliwości umożliwiającymi przeprowadzenie analizy widmowej hałasu w tercjowych pasmach częstotliwości z zakresu częstotliwości środkowych 10 kHz - 40 kHz.

5. Miejsce i warunki stosowania procedury

Procedura jest stosowana do prowadzenia badań w następujących warunkach:

- środowisko badawcze: środowisko o warunkach zbliżonych do pola swobodnego (w przestrzeni otwartej lub pomieszczeniu) w pobliżu jednej płaszczyzny odbijającej dźwięk (na której umieszczone jest źródło),
- poprawki środowiskowe charakteryzujące wpływ dźwięków odbitych $K_{2,f}$ we wszystkich rozpatrywanych tercjowych pasmach częstotliwości muszą być mniejsze lub równe 7 dB,
- poprawki uwzględniające hałas tła, $K_{1,f}$, we wszystkich rozpatrywanych tercjowych pasmach częstotliwości, powinny być mniejsze lub równe 3 dB tzn. różnice średnich wartości poziomu ciśnienia na powierzchni pomiarowej podczas pracy źródła i średnich wartości poziomu ciśnienia na powierzchni pomiarowej, gdy źródło jest wyłączone, powinny być większe lub równe 3dB, w każdym rozpatrywanym paśmie częstotliwości.

6. Wyposażenie pomiarowe i badawcze oraz osprzęt dodatkowy

Podczas badań stosuje się następujące przyrządy pomiarowe:

- A) wzorcowanie:
 - kalibrator akustyczny,
- B) pomiar:

- analizator akustyczny oraz mikrofon z przedwzmacniaczem umożliwiającym pomiar widma hałasu w tercjowych pasmach częstotliwości o częstotliwościach środkowych: 10, 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 40 kHz,
- C) wyposażenie pomocnicze:
 - taśma miernicza,
 - termohigrometr (kontrola zmienności warunków pogodowych),
- D) osprzęt dodatkowy
 - statyw mikrofonowy.

7. Wzorcowanie wyposażenia pomiarowego i badawczego

Wzorcowanie aparatury badawczej należy przeprowadzić w sąsiedztwie źródła, przed badaniami przy pomocy kalibratora akustycznego zgodnie z wymaganiami zawartymi w: instrukcjach obsługi analizatora i kalibratora. Po badaniach należy sprawdzić wzorcowanie. Różnica wskazań nie może przekroczyć 0,2 dB.

8. Wybór i przygotowanie źródła do badań

Do badań wybiera się te źródła, które potencjalnie mogą powodować zagrożenie hałasem ultradźwiękowym na stanowiskach pracy. Są to źródła hałasu, które emitują energię akustyczną w zakresie częstotliwości od ok. 10 kHz do ok. 40 kHz (przede wszystkim technologiczne urządzenia ultradźwiękowe).

Źródła powinny być umieszczone na powierzchni odbijającej (lub w jej sąsiedztwie). Podczas badań źródła powinny pracować w typowym reżimie pracy, przy zapewnieniu ciągłego dostarczania materiałów.

W pomieszczeniu źródła powinny być umieszczone na środku pomieszczenia. a powierzchnia pomiarowa powinna być oddalona od ścian i sufitu pomieszczenia o przynajmniej 1,5 m.

9. Procedura określania poziomu mocy akustycznej - sposób postępowania podczas badań

9.1. Przygotowanie aparatury pomiarowej

Do pomiarów należy wybrać aparaturę spełniającą wymagania określone w rozdziale 6. Następnie należy przeprowadzić wzorcowanie wg wymagań określonych w rozdziale 7.

9.2. Przygotowanie źródła do badań

Do badań należy wybrać źródło zgodnie z wymaganiami określonymi w rozdziałach 2. Warunki pracy źródła powinny spełniać wymagania określone w rozdziale 8.

9.3. Wybór środowiska pomiarowego

Badane źródło należy umieścić w środowisku badawczym zbliżonym do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk.

Możliwe są dwa następujące warianty środowiska badawczego (schemat postępowania przy jego wyborze przedstawiono na rys. 9.3-1):

- przestrzeń otwarta z odbijającym podłożem, poprawki na środowisko badawcze w rozpatrywanym zakresie częstotliwości należy przyjąć $K_{2,f} = 0$ dB,
- wewnątrz pomieszczenia, którego ściany i sufit są pochłaniające energię akustyczną w rozpatrywanym zakresie częstotliwości, a podłoga jest odbijająca energię akustyczną w rozpatrywanym zakresie częstotliwości oraz:
 - czas zaniku $T_{p0,f} < 0,1$, należy przyjąć $K_{2,f} = 0$ dB, w takim przypadku można zastosować metodę orientacyjną,
 - czas zaniku $T_{p0,f} \geq 0,1$ należy określić średni współczynnik pochłaniania pomieszczenia $\alpha_{sr,f}$ ze wzoru 9.3-2 i jeśli jest on :
 - $\alpha_{sr,f} \geq 1$ wówczas należy przyjąć $K_{2,f} = 0$ dB, w takim przypadku można zastosować metodę orientacyjną,
 - $\alpha_{sr,f} < 1$ wówczas wskaźnik $K_{2,f}$ należy określić się ze wzoru 9.3-1 i:
 - jeżeli $K_{2,f} \leq 7$ dB w takim przypadku można zastosować metodę orientacyjną,
 - jeżeli $K_{2,f} > 7$ dB w takim przypadku nie można stosować metody orientacyjnej.

Poprawki na środowisko badawcze, charakteryzujące wpływ dźwięków odbitych, w każdym rozpatrywanym paśmie częstotliwości, $K_{2,f}$, w dB, oblicza się ze wzoru:

$$K_{2,f} = 10 \lg \left(1 + \frac{4 \cdot S}{S_v \cdot \alpha_{sr,f}} \right) \quad (9.3-1)$$

gdzie:

S – pole powierzchni pomiarowej, w m^2 (określone ze wzoru 9.4-4 lub 6.9.4.4-5),

S_v – pole powierzchni ograniczających pomieszczenie (ścian, podłogi i stropu pomieszczenia), w m^2 ,

$\alpha_{sr,f}$ - średni współczynnik pochłaniania pomieszczenia, który wyznacza się ze wzoru:

$$\alpha_{sr,f} = \frac{0,161 \cdot V}{T_{p0,f} \cdot S_v} \quad (9.3-2)$$

V – objętość pomieszczenia, w m^3 ,

$T_{p0,f}$ - czas zaniku - spadku poziomu ciśnienia o 60 dB od wartości w stanie ustalonym po wyłączeniu źródła, w sekundach

W środowisku pomiarowym hałas tła nie powinien uniemożliwiać wykonywania badań – poprawka uwzględniająca hałas tła $K_{1,f}$ w każdym rozpatrywanym paśmie częstotliwości powinna spełniać warunek:

$$K_{1,f} \leq 3 \text{ dB} \quad (9.3-3)$$

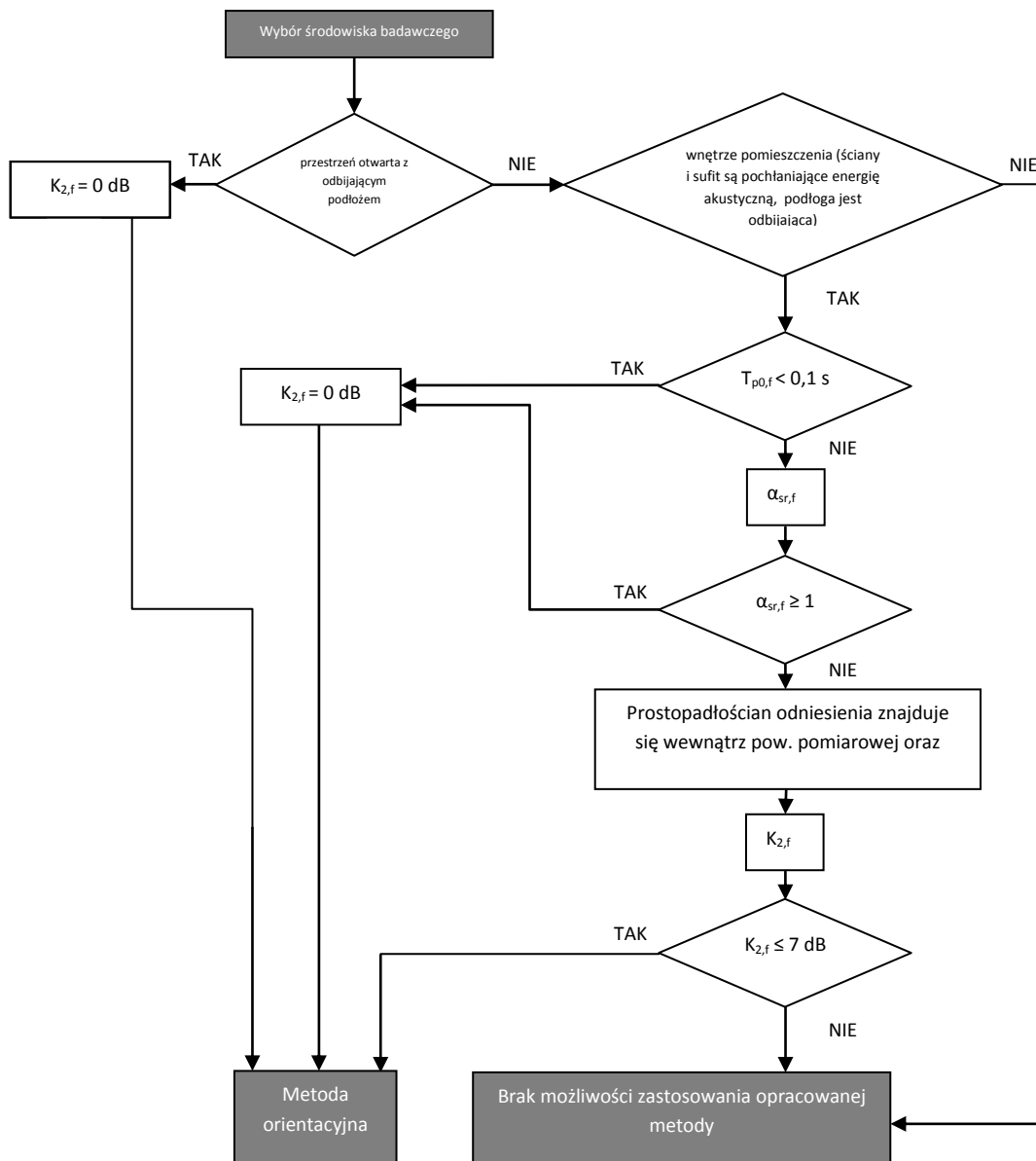
Poprawkę uwzględniającą hałas tła $K_{1,f}$, wyznacza się, w dB, ze wzoru:

$$K_{1,f} = -10 \cdot \lg \left(1 - 10^{-\frac{\Delta L_f}{10}} \right) \quad (9.3-4)$$

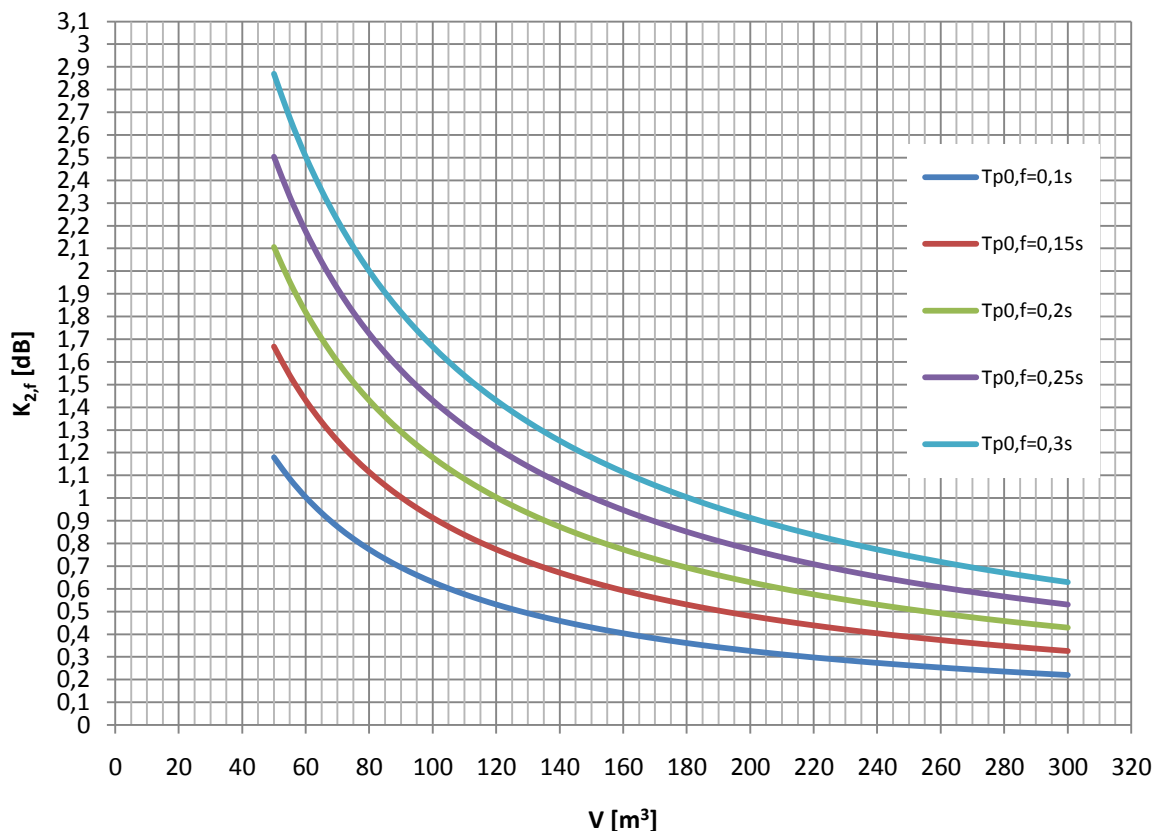
gdzie:

$\Delta L_f = L_{p,f,sr} - L_{p,f,sr,tlo}$ tj. różnica między uśrednionym na powierzchni pomiarowej poziomem ciśnienia akustycznego lub uśrednionym na powierzchni pomiarowej równoważnym poziomem ciśnienia akustycznego lub uśrednionym na powierzchni pomiarowej szczytowym poziomem ciśnienia akustycznego, podczas pracy źródła i hałasu tła, w paśmie o częstotliwości środkowej f , w dB.

Poprawki na środowisko badawcze dla półkulistej powierzchni pomiarowej o promieniu $r = 1$ m pokazano na rys. 9.3-2.



Rys. 9.3-1. Schemat postępowania przy wyborze środowiska badawczego oraz określania poprawki $K_{2,f}$.



Rys. 9.3-2. Wartość poprawki na środowisko badawcze $K_{2,f}$ w zależności od objętości pomieszczenia dla półkulistej powierzchni pomiarowej o promieniu $r=1$ m i różnych wartościach czasu zaniku $T_{p0,f}$.

9.4. Wybór powierzchni pomiarowej

Źródło badane należy umieścić na podłożu odbijającym energię akustyczną i „wpisać” w tzw. prostopadłościan odniesienia (analogicznie jak w metodzie stosowanej w zakresie słyszalnym) o wymiarach l_1, l_2, l_3 (l_1 i l_2 - wymiary podstawy ($l_1 > l_2$), l_3 – wysokość prostopadłościanu odniesienia).

Jako powierzchnię pomiarową należy wybrać półkulę o promieniu r (rys. 9.4.-1), nad powierzchnią odbijającą dźwięki lub prostopadłościan o wymiarach $2a \times 2b \times c$ (rys. 9.4-2).

Promień półkulistej powierzchni pomiarowej pomniejszony o połowę dłuższego boku podstawy urządzenia $r-(l_1/2)$ powinien być większy od 0,5 m lub odległość pomiarowa d prostopadłościennej powierzchni pomiarowej powinna być większa od 0,5 m. Dodatkowo prostopadłościan odniesienia powinien znajdować się wewnątrz przestrzeni ograniczonej półkulistą powierzchnią pomiarową.

Wymiary charakterystyczne prostopadłościennej powierzchni pomiarowej a , b , c w metrach, określa się ze wzorów:

$$a = 0.5 \cdot l_1 + d \quad (9.4-1)$$

$$b = 0.5 \cdot l_2 + d \quad (9.4-2)$$

$$c = l_3 + d \quad (9.4-3)$$

gdzie: l_1, l_2 - wymiary podstawy prostopadłościanu odniesienia ograniczającego źródło, w metrach,
 l_3 - wysokość prostopadłościanu odniesienia, w metrach,
 d - odległość pomiarowa, w metrach.

Pole powierzchni pomiarowej, S w m^2 , określa się ze wzoru:

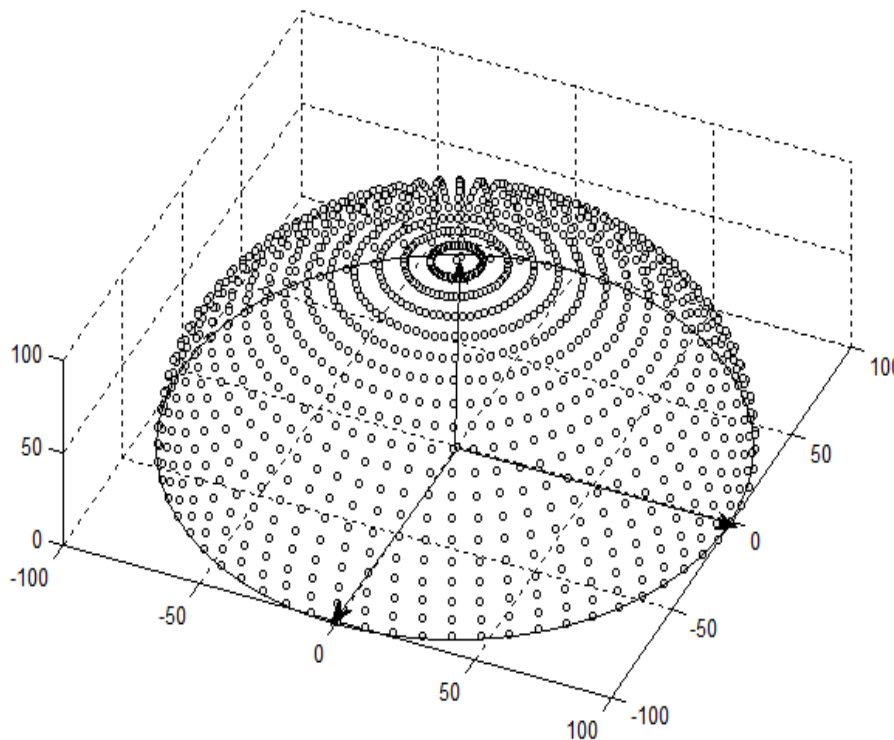
- dla prostopadłościennej powierzchni pomiarowej:

$$S = 4 \cdot (ab + ac + bc) \quad (9.4-4)$$

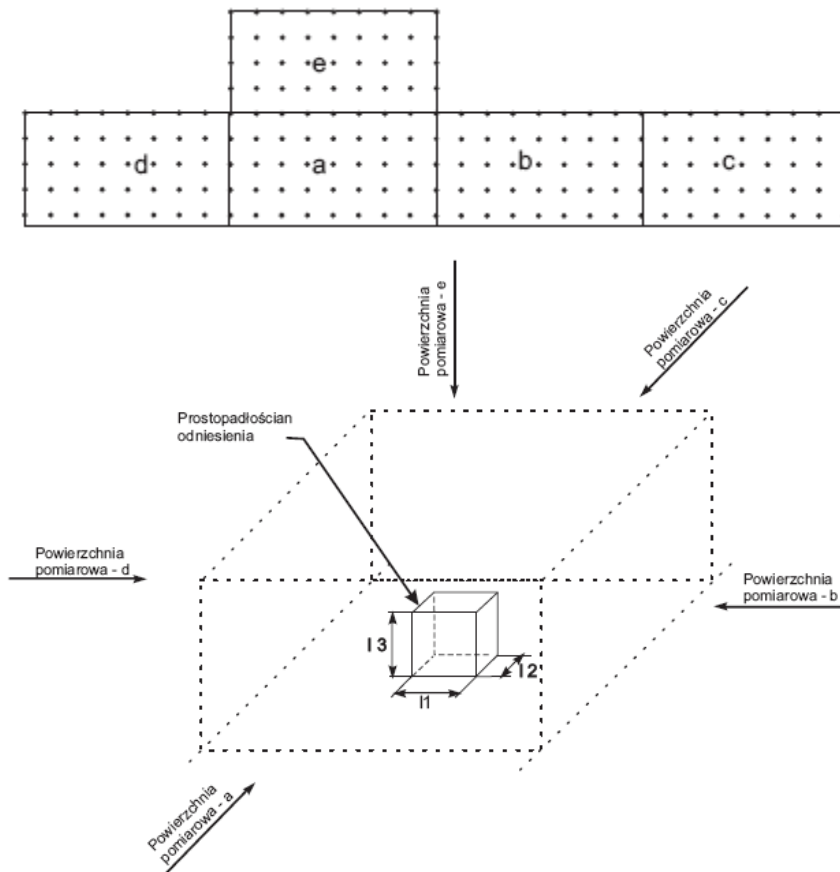
- dla półkulistej powierzchni pomiarowej:

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (9.4-5)$$

gdzie: r - promień półkulistej powierzchni pomiarowej, w metrach.



Rys. 9.4-1. Półkulista powierzchnia pomiarowa nad powierzchnią odbijającą dźwięk z naniesionymi punktami pomiarowymi.



Rys. 9.4-2. Prostopadłościan odniesienia i prostokątna powierzchnia pomiarowa nad powierzchnią odbijającą dźwięk z naniesionymi punktami pomiarowymi.

9.5. Wybór liczby punktów pomiarowych lub linii omiatania i ich rozmieszczenia

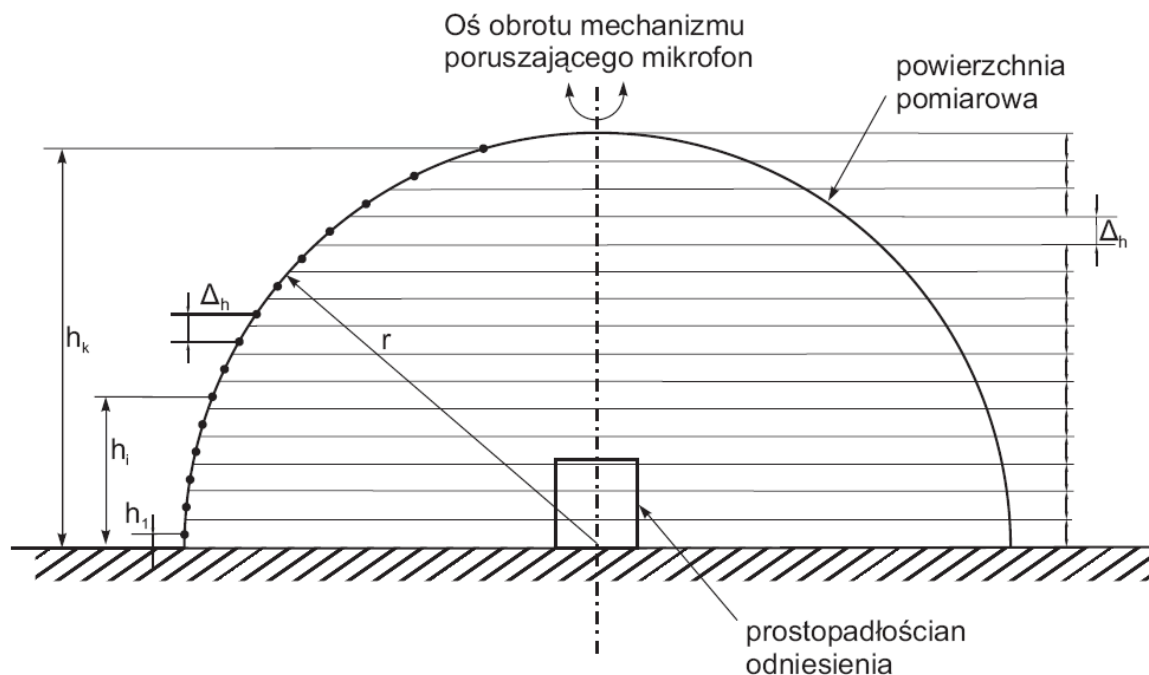
Punkty pomiarowe lub linie omiatania na powierzchni pomiarowej należy rozmieścić równomiernie (rys. 9.4-1 i 9.4-2). Minimalna liczba punktów pomiarowych lub linii omiatania podana jest w tabeli 6.2-1.

W przypadku stosowania metody omiatania, należy zastosować omiatanie automatyczne (półkulista powierzchnia pomiarowa) lub ręczne (prostokątna powierzchnia pomiarowa). Omiatanie ręczne powierzchni prostokątnego pomiarowego polega na omiataniu kolejno 5 jego powierzchni. Omiatanie należy wykonać równomiernie, każdą linię omiatania minimum 2 minuty.

Przy omiataniu automatycznym, linie omiatania powinny być w kształcie okręgów równoległych do powierzchni podstawy. Mikrofon na liniach omiatania powinien

przemieszczać się ruchem jednostajnym, co jest bardzo ważne ze względu na silnie kierunkowe własności emisji energii akustycznej źródeł ultradźwiękowych.

Oś mikrofonu powinna być prostopadła do powierzchni pomiarowej.



Rys. 9.5-1. Powierzchnia pomiarowa z zaznaczonymi liniami omiatania.

Omiotanie można stosować tylko do źródeł, których emisja energii akustycznej nie zmienia się w czasie.

Ww. warunki, dla półkulistej powierzchni pomiarowej, są spełnione dla następującego układu: źródło znajduje się na powierzchni odbijającej na stoliku obrotowym. Mikrofon pomiarowy znajduje się kolejno na liniach omiatania (rys. 9.5-1). W czasie pomiarów stół obraca się o 720°. Czas obrotu o 360° wynosi T. Prędkość obrotową źródła, w stopniach na sekundę, określa się ze wzoru:

$$n = \frac{360^\circ}{T} \quad (9.5-1)$$

Wynik pomiaru jest równoważnym poziomem ciśnienia akustycznego na pojedynczej i-tej linii omiatania ($L_{p,r,i}$).

Odległość sąsiednich linii okręgów omiatania (płaszczyzn na których się znajdują), w m, określa się ze wzoru:

$$\Delta h = r/k \quad (9.5-2)$$

gdzie:

r – promień półkuli pomiarowej, w m,

k – liczba linii omiatania.

Wysokość linii (okręgów) omiatania „i” ponad powierzchnię odbijającą określa się, w metrach, ze wzoru:

$$h_i = \frac{r}{k} \left(i - \frac{1}{2} \right) \quad (9.5-3)$$

gdzie: $i = 1, 2, \dots, k$.

Prędkość liniowa mikrofonu podczas przemieszczania go po linii omiatania „i” jest określona, w m/s, wzorem:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \sqrt{1 - \left(\frac{i-1/2}{k} \right)^2} \quad (9.5-4)$$

9.6. Wykonanie pomiarów poziomu ciśnienia akustycznego lub równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego lub szczytowego poziomu ciśnienia akustycznego na powierzchni pomiarowej, w punktach pomiarowych lub liniach omiatania oraz obliczenie poziomów uśrednionych na powierzchni pomiarowej od emisji hałasu źródła

W punktach pomiarowych lub na liniach omiatania należy wykonać pomiary poziomu ciśnienia akustycznego (w przypadku źródeł emitujących hałas ustalony) lub średniego w czasie (równoważnego) poziomu ciśnienia akustycznego (w przypadku źródeł emitujących hałas nieustalony, w tym i nieustalony impulsowy) i/lub szczytowego poziomu ciśnienia akustycznego (w przypadku źródeł emitujących hałas impulsowy), na powierzchni pomiarowej. Uśredniony na powierzchni pomiarowej poziom ciśnienia akustycznego (w przypadku źródeł emitujących hałas ustalony) lub uśredniony na powierzchni pomiarowej równoważny poziom ciśnienia akustycznego (w przypadku źródeł emitujących hałas nieustalony, w tym i nieustalony impulsowy) lub uśredniony na powierzchni pomiarowej szczytowy poziom ciśnienia akustycznego (w przypadku źródeł emitujących hałas impulsowy), w każdym rozpatrywanym paśmie częstotliwości f , w czasie pracy źródła, oblicza się, w dB, ze wzoru:

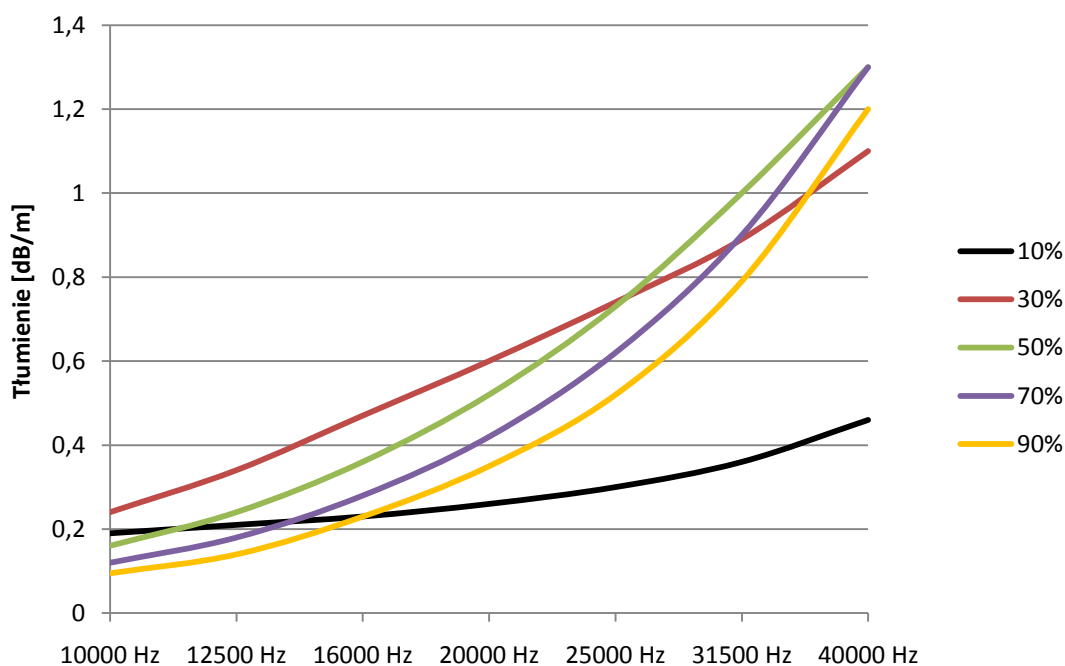
$$L_{p,f,sr} = 10 \lg \left(\frac{1}{q} \sum_{i=1}^q 10^{\frac{L_{p,f,i}}{10}} \right) \quad (9.6-1)$$

gdzie:

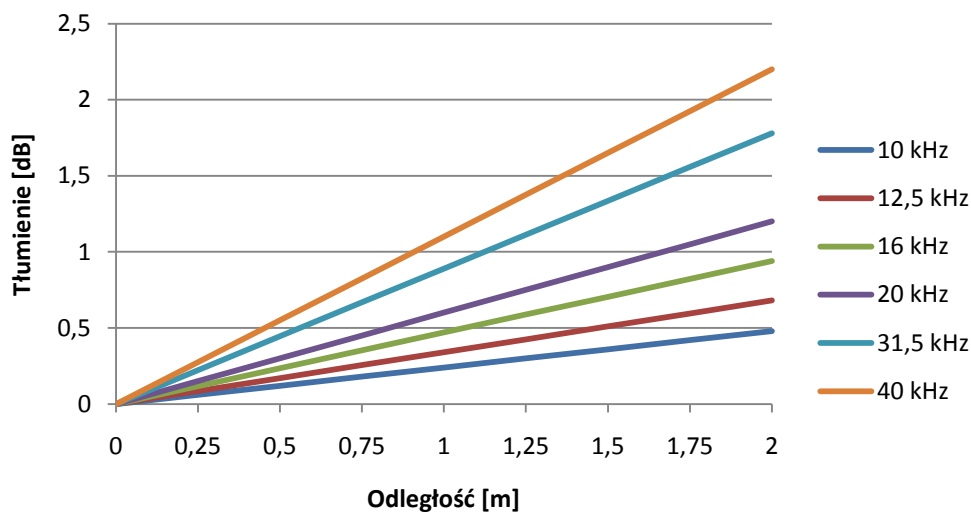
$L_{p,f,i}$ – poziom ciśnienia akustycznego lub średni w czasie (równoważny) poziom ciśnienia akustycznego lub szczytowy poziom ciśnienia akustycznego, w i -tym punkcie pomiarowym lub na i -tej linii omiatania, w paśmie częstotliwości o częstotliwości środkowej f , w dB,
 q – liczba punktów pomiarowych lub linii omiatania na powierzchni pomiarowej.

9.7. Obliczenie tłumienia dźwięku w powietrzu

Określając poziom mocy akustycznej źródła konieczne jest uwzględnienie tłumienia dźwięku w powietrzu, tj. poprawkę $K_{p,f}$ z rys. 9.7-1 lub 9.7-2 jeżeli spełniony jest warunek : $r - 1/2 > 1m$ dla półkulistej powierzchni pomiarowej lub $d > 1m$ dla prostopadłościennych powierzchni pomiarowej (odpowiednio policzoną dla średniej odległości źródła i powierzchni pomiarowej).



Rys. 9.7-1. Tłumienie dźwięków w powietrzu dla różnych wartości wilgotności względnej przy temperaturze 20°C i ciśnieniu atmosferycznym 101,325 kPa [PN-ISO 9613-2:2002].



Rys. 9.7-2. Tłumienie dźwięków w powietrzu w warunkach laboratoryjnych: temperatury 20°C, ciśnieniu atmosferycznym 101,325 kPa oraz wilgotności względnej 30% [PN-ISO 9613-2:2002].

9.8. Obliczanie uśrednionego poziomu ciśnienia akustycznego lub uśrednionego równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego lub uśrednionego szczytowego poziomu ciśnienia akustycznego na powierzchni pomiarowej, w punktach pomiarowych lub liniach omiatania hałasu tła

Należy obliczyć uśredniony na powierzchni pomiarowej poziom ciśnienia akustycznego lub uśredniony na powierzchni pomiarowej równoważny poziom ciśnienia akustycznego lub uśredniony na powierzchni pomiarowej szczytowy poziom ciśnienia akustycznego, w punktach pomiarowych lub liniach omiatania, hałasu tła (źródło wyłączone). Oblicza się go w każdym rozpatrywanym paśmie, w dB, ze wzoru:

$$L''_{p,f} = 10 \lg \left(\frac{1}{q} \sum_{i=1}^q 10^{\frac{L''_{p,f,i}}{10}} \right) \quad (9.8-1)$$

gdzie: $L''_{p,f,i}$ – poziom ciśnienia akustycznego lub średni w czasie (równoważny) poziom ciśnienia akustycznego lub szczytowy poziom ciśnienia w i-tym punkcie pomiarowym lub na i-tej linii omiatania, w paśmie częstotliwości o częstotliwości środkowej f , w dB,
 q – liczba punktów pomiarowych lub linii omiatania na powierzchni pomiarowej.

9.9. Określenie poziomu mocy akustycznej źródła

Należy, dla każdego rozpatrywanego tercjowego paśmie częstotliwości, obliczyć poziom mocy akustycznej (w przypadku źródeł emitujących hałas ustalony) i/lub średni w czasie (równoważny) poziom mocy akustycznej (w przypadku źródeł emitujących hałas nieustalony, w tym i nieustalony impulsowy) i/lub szczytowy poziomu mocy akustycznej (w przypadku źródeł emitujących hałas impulsowy).

Wielkości te, w każdym rozpatrywanym tercjowym paśmie częstotliwości, oblicza się, w dB, ze wzoru:

$$L_{W,f} = L_{p,f,sr} - K_{2,f} - K_{1,f} + K_{p,f} + 10 \lg S \quad (9.9-1)$$

gdzie:

- $L_{W,f}$ - poziom mocy akustycznej lub średni w czasie (równoważny) poziom mocy akustycznej lub szczytowy poziom mocy akustycznej, w tercjowym paśmie częstotliwości o częstotliwości środkowej f , w dB,
- $L_{p,f,sr}$ - uśredniony na powierzchni pomiarowej poziom ciśnienia akustycznego lub uśredniony na powierzchni pomiarowej równoważny poziom ciśnienia akustycznego lub uśredniony na powierzchni pomiarowej szczytowy poziom ciśnienia akustycznego, w tercjowym paśmie częstotliwości o częstotliwości środkowej f , w dB,
- $K_{2,f}$ - poprawka uwzględniająca środowisko badawcze, w tercjowym paśmie częstotliwości o częstotliwości środkowej f , w dB,
- $K_{1,f}$ - poprawka uwzględniająca hałas tła, w tercjowym paśmie częstotliwości o częstotliwości środkowej f , w dB,
- $K_{p,f}$ - poprawka uwzględniająca tłumienie dźwięku w powietrzu, w tercjowym paśmie częstotliwości o częstotliwości środkowej f , w dB,
- S - pole powierzchni pomiarowej, w m^2 .

9.10. Sprawdzenie wzorcowania

Po wykonaniu pomiarów należy sprawdzić wzorcowanie. W przypadku stwierdzenia niezgodności (patrz pkt. 7), należy badania przeprowadzić ponownie wg niniejszej procedury.