

# Procedura techniczna wyznaczania poziomu mocy akustycznej źródeł ultradźwiękowych w oparciu o pomiary poziomu ciśnienia akustycznego w punktach pomiarowych lub liniach omiatania na półkulistej powierzchni pomiarowej w przestrzeni otwartej

## 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 techniczną, w przestrzeni otwartej, 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, drązaruki 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. 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 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 należy przyjąć równe 0 dB,
- poprawki uwzględniające hałas tła,  $K_{1,f}$ , we wszystkich rozpatrywanych tercjowych pasmach częstotliwości, powinny być mniejsze lub równe 1,3 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 6 dB w każdym rozpatrywanym paśmie częstotliwości (zalecane 15 dB).

## 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 umożliwiającą 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.

## 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

Na środowisko pomiarowe należy wybrać przestrzeń otwartą nad powierzchnią odbijającą (np. beton). W obliczeniach, w każdym tercjowym paśmie częstotliwości, należy przyjąć poprawkę na środowisko badawcze  $K_{2,f} = 0$  dB.

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

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

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

$$K_{1,f} = -10 \cdot \lg \left( 1 - 10^{-\frac{\Delta L_f}{10}} \right) \quad (9.3-2)$$

gdzie:

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

## 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).

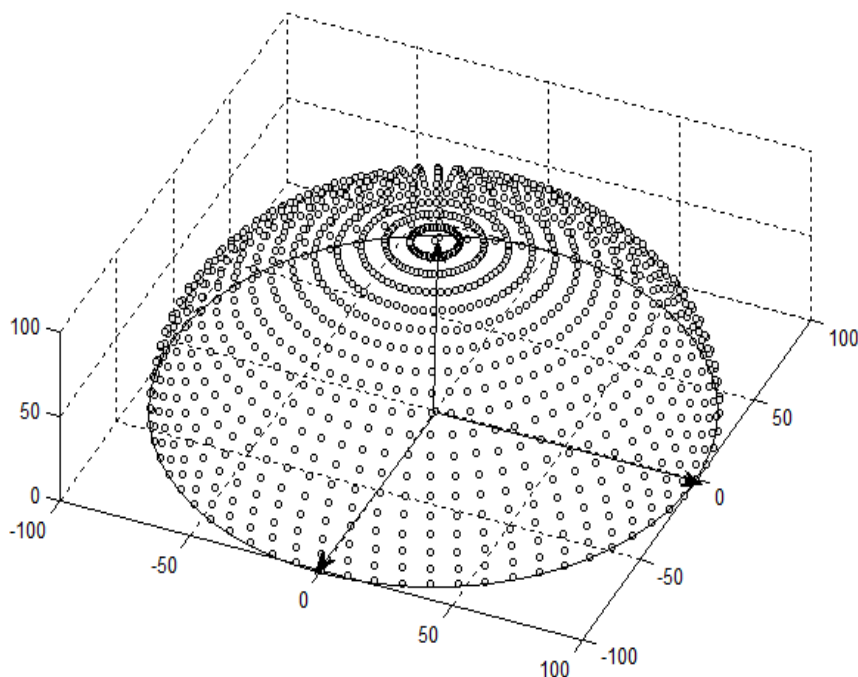
Jako powierzchnię pomiarową należy wybrać półkulę o promieniu  $r$  (rys. 9.4-1), nad powierzchnią odbijającą dźwięk.

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

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

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (9.4-1)$$

gdzie:  $r$  – promień półkulistej powierzchni pomiarowej, w metrach.

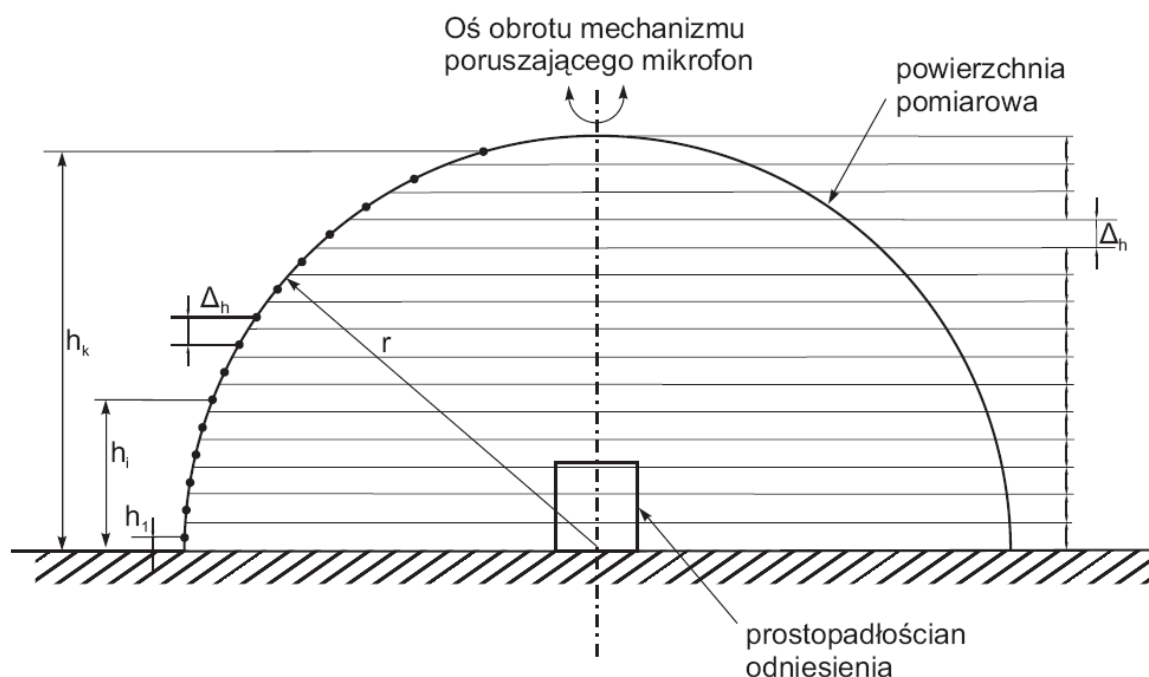


Rys. 9.4-1. Półkulista powierzchnia pomiarowa nad powierzchnią odbijającą dźwięk z naniesionymi punktami pomiarowymi.

## 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) . Minimalna liczba punktów pomiarowych lub linii omiatania podana jest w tabeli 6.2-1.

W przypadku stosowania metody omiatania, należy zastosować tylko omiatanie automatyczne. Linie omiatania powinny być w kształcie okręgów równoległych do powierzchni podstawy (rys. 9.5-1). Mikrofon na liniach omiatania powinien przemieszczać się ruchem jednostajnym, co jest bardzo ważne ze względu na silnie kierunkowe własności emisji energii akustycznej źródeł ultradźwiękowych. Omiatanie należy wykonać równomiernie, każdą linię omiatania minimum 2 minuty. Oś mikrofonu powinna być prostopadła do powierzchni pomiarowej. Metodę omiatania można stosować tylko dla źródeł, których emisja energii akustycznej nie zmienia się w czasie.



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

Ww. warunki 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  $720^\circ$ . Czas obrotu o  $360^\circ$  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). Uśredniony na powierzchni pomiarowej poziom ciśnienia akustycznego (w przypadku źródeł emitujących hałas ustalony) lub uśredniony 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:

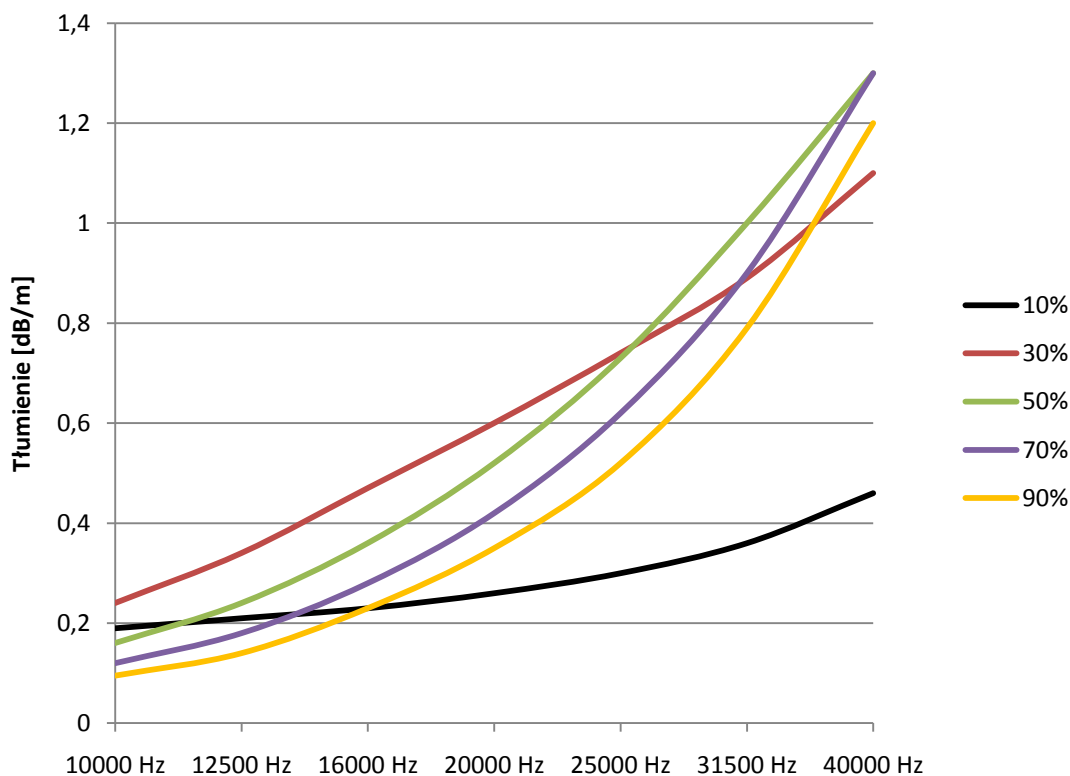
$$L_{p,f,sr} = 10 \lg \left( \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q 10^{\frac{L_{p,f,i}}{10}} \right) \quad (9.6-1)$$

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.

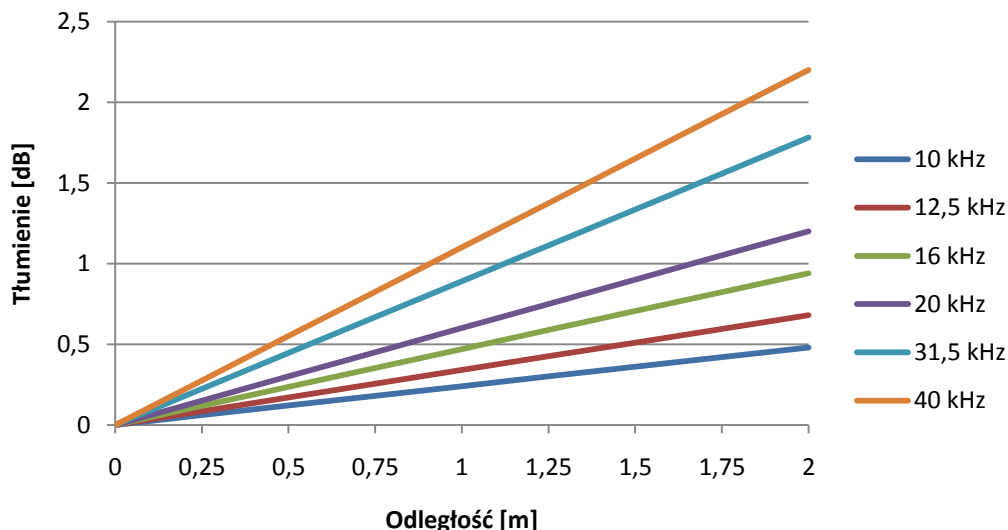
## 9.7. Obliczenie tłumienia dźwięku w powietrzu

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 (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 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 częstotliwości, 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 paśma 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, ( $K_{2,f} = 0$  dB - przestrzeń otwarta)

$K_{1,f}$  - 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 7), należy badania przeprowadzić ponownie wg niniejszej procedury.