
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 21
(kwiecień–czerwiec)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

Rok VIII

Warszawa–Opole 2015

*ALFRED NOLEPA**
*KATARZYNA KIPRIAN***
*GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI****
*PRZEMYSŁAW ŁACH*****

Metody wyznaczania poziomu mocy akustycznej źródła

Słowa kluczowe: hałas, moc akustyczna, źródło hałasu, procedury badawcze.

Podstawowym dokumentem regulującym procedury wyznaczania mocy akustycznej jest PN-EN ISO 3740: 2003 – Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu. Wytyczne stosowania norm podstawowych. W normie tej przedstawiono wytyczne do stosowania serii norm międzynarodowych ISO 3740 i ISO 9614 opisujących wiele metod wyznaczania mocy akustycznej różnych typów maszyn i urządzeń. Zalecaną klasą dokładności dla celów deklarowania hałasu jest klasa dokładności technicznej, tj. klasa dokładności 2.

Do badań wytypowano dwie normy PN-EN ISO 3744 oraz PN-EN ISO 3746. Norma PN-EN ISO 3744 spełnia wymagania 2 klasy dokładności, natomiast norma PN-EN ISO 3746 spełnia wymagania 3 klasy dokładności. W artykule opisano i porównano wymagania obydwu norm.

Wykonano badania 9 źródeł hałasu zgodnie z normą PN-EN ISO 3744 i wyznaczono dla nich moce akustyczne. Przeprowadzono analizę spełnienia wymagań zawartych w normie PN-EN ISO 3744 wykorzystanej do badań. Wszystkie wymagania zostały spełnione, w związku z czym można było uznać wyniki badań jako wykonane z 2 klasą dokładności.

* Inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, a.nolepa@icimb.pl

** Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, k.kiprian@icimb.pl

*** Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, g.siemiatkowski@icimb.pl

**** Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych w Opolu, p.lach@icimb.pl

1. Wstęp

Charakterystyka maszyn i urządzeń jako źródeł hałasu wymaga podania takich wielkości, które umożliwiłyby ich obiektywną ocenę w warunkach pracy. Do tego niezbędne są informacje o wysiłku źródła (moc akustyczna, poziom ciśnienia akustycznego lub poziom dźwięku) oraz o widmie częstotliwościowym źródła. Charakterystyki te mogą być wykorzystywane do sporządzania atestu akustycznego maszyny. Ponadto, wyznaczenie mocy akustycznej służy do identyfikacji źródeł hałasu w celu minimalizacji ich oddziaływania na środowisko. Informacja ta jest również potrzebna w przypadku wykonywania ocen oddziaływania na środowisko instalacji przemysłowych pod kątem emisji hałasu, w celu spełnienia wymagań prawnych w procesie inwestycyjnym, w fazie uzyskiwania decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych do realizacji projektu technicznego oraz do oceny oddziaływania na środowisko instalacji istniejących, jeżeli brak jest możliwości wykonania pomiaru bezpośredniego, np. w przypadku gdy różnica poziomu hałasu przy pracującej instalacji a tłem jest mniejsza niż 3 dB.

W artykule przedstawiono wymagania teoretyczne oraz opis wybranych metod i wyniki wyznaczania poziomu mocy akustycznych maszyn i urządzeń zainstalowanych w warunkach rzeczywistych.

2. Wymagania normatywne do wyznaczania mocy akustycznej urządzeń

Podstawowym dokumentem regulującym procedury wyznaczania mocy akustycznej jest norma PN-EN ISO 3740: 2003 – Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu. Wytyczne stosowania norm podstawowych [1]. W normie tej przedstawiono wytyczne do stosowania serii norm międzynarodowych opisujących wiele metod wyznaczania mocy akustycznej różnych typów maszyn i urządzeń w formie krótkich streszczeń norm podstawowych oraz wytycznych wyboru norm właściwych dla danego zastosowania w zakresie dźwięków powietrznych. Norma ta nie zastępuje ani nie uzupełnia wymagań dotyczących poszczególnych metod pomiarowych zawartych w normach podstawowych. Ważnym jest, aby określone procedury badania różnych typów maszyn i urządzeń były stosowane zgodnie z wymaganiami podstawowych norm międzynarodowych. W normach podstawowych określono wymagania akustyczne właściwe dla zróżnicowanych środowisk badawczych i dokładności.

W przypadku braku odpowiedniej procedury do badania hałasu dla danego typu maszyn lub urządzeń, norma [1] ułatwi dobór najbardziej zbliżonej normy podstawowej, przy czym w każdej sytuacji warunki posadowienia i pracy

badanej maszyny muszą być zgodne z ogólnymi wymaganiami normy podstawowej.

Normami podstawowymi jest seria norm ISO 3740 [1] i ISO 9614. W normach tych przedstawiono dwie zasady wyznaczania mocy akustycznej maszyny lub urządzenia. Pierwsza – to ocena przestrzennego średniokwadratowego poziomu ciśnienia akustycznego wytworzonego w warunkach silnie odbijających dźwięk. Są to pomiary w polu pogłosowym. Druga zasada to ocena przepływu energii akustycznej emitowanej przez źródło na podstawie pomiarów z zastosowaniem otaczającej powierzchni. Są to pomiary w polu swobodnym nad płaszczyzną odbijającą dźwięk lub w polu w przybliżeniu swobodnym nad płaszczyzną odbijającą dźwięk.

W celu wyznaczenia poziomu mocy akustycznej można mierzyć dwa parametry, tj. poziom ciśnienia akustycznego lub poziom dźwięku.

Przy wyborze odpowiedniej normy do wyznaczania poziomu mocy akustycznej należy uwzględnić następujące czynniki:

- wymagana klasa dokładności (definicja jest zamieszczona w normie ISO 12001 [2]);
- wymiary oraz możliwości przemieszczania maszyny lub urządzenia, które mogą w praktyce uniemożliwić zainstalowanie jej w laboratorium badawczym w celu wykonania pomiarów hałasu;
- dostępne do badań środowisko badawcze;
- poziom hałasu tła;
- charakter emitowanego przez źródło hałasu (np. szeroko lub wąskopasmowy, ustalony, nieustalony, impulsowy itp.);
- dostępna aparatura pomiarowa;
- wymagany poziom mocy akustycznej (skorygowany charakterystyką częstotliwościową lub w pasmach częstotliwości, zakres częstotliwości pomiarowych);
- wymagane dodatkowe informacje akustyczne (np. kierunkowość źródła, przebieg czasowy).

Zalecaną klasą dokładności dla celów deklarowania hałasu jest klasa dokładności technicznej, tj. klasa dokładności 2.

3. Klasy dokładności

W każdej normie podstawowej z serii ISO 3740 oraz ISO 9614, dotyczącej wyznaczania poziomu mocy akustycznej, jest podana w formie tabelarycznej niepewność wyrażona jako odchylenie standardowe odtwarzalności. Klasy do-

kładności dzielą się na 3 stopnie. Najwyższa klasa dokładności 1 zapewnia najwyższą dokładność, natomiast klasa 3 najmniejszą dokładność [2].

3.1. Klasa dokładności 1

Klasa dokładności 1 jest zapewniona przez zastosowanie metody dokładnej. Zapewnia ona najbardziej jednoznaczny opis emisji hałasu z danego źródła. Wyznacza się poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach częstotliwości. Pomiary wykonuje się w przedziale czasowym obejmującym czas trwania hałasu i jego zmienność. Ścisłe określone jest środowisko badawcze, ponieważ pomiary takie są prowadzone w warunkach laboratoryjnych.

3.2. Klasa dokładności 2

Klasa dokładności 2 jest zapewniona przez zastosowanie metody technicznej. Pomiary wykonywane tą metodą prowadzi się z wykorzystaniem odpowiedniej charakterystyki czasowej i częstotliwościowej. Wykonuje się również pomiary w pasmach oktawowych, 1/3 oktawowych lub węższych. Na podstawie tych pomiarów oblicza się wartości skorygowane charakterystyką częstotliwościową A. Jest ono analizowane w celu określenia wpływu środowiska akustycznego. Wymagane jest stosowanie miernika poziomu dźwięku klasy dokładności 1 lub całkowitego miernika poziomu dźwięku klasy dokładności 1, odpowiadających wymaganiom norm IEC 651 lub IEC 804. Wykorzystywane w pomiarach filtry oktawowe lub węższe winny spełniać wymagania normy IEC 1260. Metoda ta jest preferowana do celów deklarowania hałasu. Dostarcza ona wystarczającą ilość informacji do podjęcia działań technicznych, np. w celu zwalczania hałasu.

3.3. Klasa dokładności 3

Klasa dokładności 3 jest zapewniona przez zastosowanie metody orientacyjnej. Jest to metoda najszybsza i wymaga najprostszej aparatury pomiarowej. Można ją stosować do porównywania źródeł hałasu o podobnych charakterystykach. Pole akustyczne w pobliżu źródła jest określane przy pomocy miernika poziomu dźwięku lub miernika natężenia dźwięku. Liczba punktów jest ograniczona. Szczegółowa analiza pola akustycznego jest niepotrzebna. Pomiary wykonuje się „in situ”. Metoda ta ma ograniczone zastosowanie przy ocenie środków redukcji emisji hałasu ze źródeł. Pomiary powinno się wykonywać z wykorzystaniem aparatury odpowiadającej normom IEC 651, IEC 804 lub IEC 1043. Dopuszcza się stosowanie aparatury klasy 2 zgodnej z wymaganiami norm IEC 651 lub IEC 1043.

4. Akustyczne środowiska badawcze

4.1. Środowisko badawcze w laboratoriach akustycznych

Pomieszczenia laboratoryjne o określonych właściwościach akustycznych pozwalają na wykonanie bardzo dokładnych pomiarów. Wadą ich są wysokie koszty realizacji oraz ograniczenia gabarytów maszyn, w stosunku do objętości pomieszczenia, które można w nich badać. Ponadto konstrukcja komory zależy od rodzaju hałasu, który ma być w niej badany.

Komory pogłosowe – opisane w normie ISO 3741 – są szczególnie przydatne w przypadku dużej liczby małych urządzeń, o objętości mniejszej niż 2% objętości komory, emitujących hałas ustalony. Nie można w nich określić kierunkowości źródła ani badać hałasu impulsowego. Ich konstrukcja jest wykonana w sposób redukujący maksymalnie wpływ hałasu zewnętrznego oraz pochłanianie fal akustycznych wewnątrz komory.

Specjalne pomieszczenia pogłosowe – spełniają wymagania normy ISO 3743-2. Są mniej kosztowne od komór pogłosowych. Zastosowanie metody pomiaru opisanej w przywołanej wyżej normie pozwala na uzyskanie wyniku o dokładności technicznej. Pomieszczenia te są przydatne zwłaszcza do wykonywania pomiarów ciśnienia akustycznego skorygowanych charakterystyką częstotliwościową A. Można w nich mierzyć małe źródła hałasu o objętości poniżej 1% objętości pomieszczenia. Nie uzyskuje się w nich informacji o kierunkowości źródła.

Komory bezechowe i komory bezechowe z odbijającą podłogą – spełniają wymagania normy ISO 3745. Można w nich mierzyć małe źródła hałasu o objętości poniżej 0,5% objętości komory, które emitują różne rodzaje hałasu, zwłaszcza hałas impulsowy lub hałas zawierający składowe dyskretne. W takich komorach zaleca się wykonywanie badań kierunkowości źródła hałasu. Pomiaru wykonane zgodnie z powyższą normą są klasy dokładnej. W przypadku komór z odbijającą podłogą można w nich wykonać pomiary o dokładności technicznej zgodnie z normą ISO 3744. W tym przypadku można badać znacznie większe gabarytowo źródła hałasu.

4.2. Środowisko badawcze w warunkach „in situ”

4.2.1. Metoda dokładna

W celu uzyskania wyników o klasie dokładnej w pomieszczeniach zwyczajnych należy zastosować metodę badań przywołaną w normie ISO 9614-1. Jest ona szczególnie przydatna w przypadku występowania wysokiego hałasu tła pochodzącego od innych źródeł oraz odbić dźwięków w pomieszczeniu.

4.2.2. Metody techniczne

Techniczna metoda pomiaru jest opisana w normie ISO 3744. Pomiary wykonuje się w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk. Warunki te występują wtedy, kiedy źródło hałasu jest umieszczone w przestrzeni otwartej lub w dużym pomieszczeniu. Metoda ta ma zastosowanie do badania szeregu maszyn w naturalnym miejscu ich użytkowania.

Inna metoda techniczna jest opisana w normie ISO 3743-1. Jest ona szczególnie przydatna do badania małych przenośnych źródeł. Zgodnie z tą normą warunki środowiskowe spełniają nieumeblowane pomieszczenia bez dodatkowych adaptacji akustycznych.

Norma ISO 3747 opisuje techniczną metodę porównawczą. Stosuje się ją w warunkach zbliżonych do pola pogłosowego, szczególnie w odniesieniu do hałasu szerokopasmowego.

Metody przedstawione w powyższych normach oraz w normie ISO 9614-2 pozwalają również, w zależności od badań pomocniczych i uzyskanych na tej podstawie wyników obliczeń, na uzyskanie wyników o klasie technicznej w zwykłych pomieszczeniach. Są one szczególnie przydatne w przypadku występowania wysokiego poziomu tła i odbić.

4.2.3. Metody orientacyjne

Orientacyjna metoda pomiaru jest opisana w normie ISO 3746. Pomiar wykonuje się w warunkach przybliżonych do akustycznego pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk, tj. w przestrzeni pomiarowej z jedną lub kilkoma płaszczyznami odbijającymi dźwięk. Warunki te występują w przestrzeni otwartej lub w dużym pomieszczeniu. W normie tej opisana jest również metoda oceny środowiska badawczego.

Badania wykonane zgodnie z normą ISO 3747 pozwalają na uzyskanie wyników o dokładności dla klasy 2. Jeżeli nie można spełnić określonych dla klasy 2 wymagań, możliwe jest z wykorzystaniem tej normy uzyskanie wyników o klasie dokładności 3.

Powyższe metody nie ograniczają typu ani wielkości badanych urządzeń zainstalowanych w przestrzeni otwartej. Mają one również zastosowanie w odniesieniu do maszyn zainstalowanych w pomieszczeniach, gdzie są normalnie eksploatowane.

Metody przedstawione w powyższych normach oraz w normie ISO 9614-2 pozwalają, w zależności od badań pomocniczych i uzyskanych na tej podstawie wyników obliczeń, na uzyskanie wyników o dokładności orientacyjnej w zwykłych pomieszczeniach. Są one szczególnie przydatne w przypadku występowania wysokiego poziomu tła i odbić.

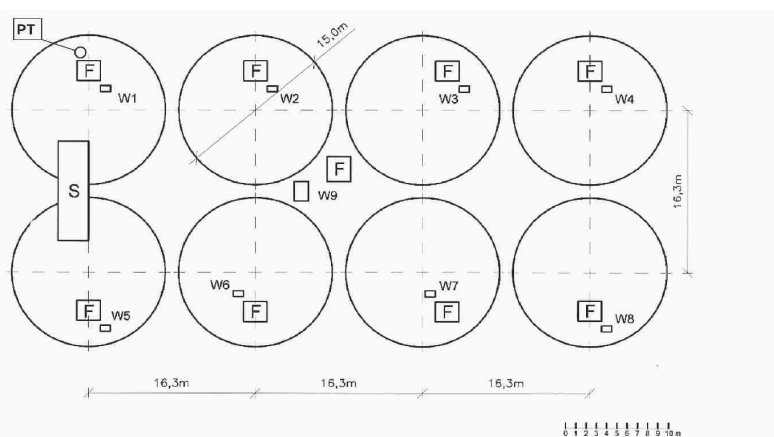
5. Czynniki warunkujące wybór metody badawczej

Biorąc pod uwagę wymagania niektórych norm, pierwszym czynnikiem warunkującym wybór metody badawczej jest wielkość pomieszczenia badawczego (normy ISO 3741, ISO 3743-1, ISO 3743-2). Normy te ograniczają objętość źródła od 0,5 do 2% objętości pomieszczenia badawczego. W pozostałych normach ograniczenia te nie występują. Kolejnym czynnikiem jest środowisko badawcze, w którym zostaną wykonane badania. W przypadku źródeł przenośnych można je zainstalować w każdym dostępnym środowisku, tj. w przestrzeni otwartej lub w pomieszczeniach badawczych opisanych w punkcie 4.1. Źródła nieprzenośne mogą być badane w środowisku, w którym są zainstalowane („in situ”). Wykorzystać można w tym przypadku normy ISO 3744, ISO 3746, ISO 9616-1 i ISO 9614-2. Dwie pierwsze normy zawierają metodykę kwalifikowania oraz wymagania dotyczące środowiska badawczego. Analiza tych norm pozwala nam ocenić, którą z nich można wykorzystać do badania. W przypadku hałasu stacjonarnego przy wysokim poziomie tła zaleca się stosowanie metod opisanych w normach ISO 9616-1 i ISO 9614-2. Każda z norm międzynarodowych może być zastosowana do badania małych maszyn (objętość poniżej 1 m³) o hałasie ustalonym i widmie szerokopasmowym. W tym względzie decydujące znaczenia ma wymagana klasa dokładności i będące do dyspozycji środowisko badawcze.

Przy wyborze odpowiedniej metody ma również znaczenie rodzaj emitowanego przez źródło hałasu. W przypadku hałasu ustalonego szerokopasmowego o widmie, w którym występują składowe dyskretne oraz gdy hałas ma charakter wąskopasmowy, można zastosować każdą z metod. Hałas impulsowy może być oceniany zgodnie z normami ISO 3744 i ISO 3745 oraz ISO 3746. W zależności od częstotliwości pomieszczenie badawcze musi się charakteryzować różną kubaturą. I tak przy hałasie o częstotliwości poniżej 100 Hz kubatura pomieszczenia musi być większa niż 200 m³, a przy hałasie powyżej 10000 Hz mniejsza niż 200 m³. Większe odległości pomiarowe wymagane są przy pomiarach w warunkach pola swobodnego w niskich zakresach częstotliwości z wykorzystaniem norm ISO 3744 i ISO 3746, natomiast dla norm ISO 9614-1 i ISO 9614-2 w przypadku emisji hałasu o znaczących składowych widma w pasmach od 31,5 Hz do 40 Hz i/lub od 8000 do 10000 Hz. Kolejnym czynnikiem jest wymagana klasa dokładności. Metody dokładne (laboratoryjne) o najwyższej klasie dokładności są zamieszczone w normach ISO 3741 i ISO 3745. Metody techniczne o średniej klasie dokładności są opisane w normach ISO 3743-1, ISO 3743-2, ISO 3744, ISO 3747, ISO 9614-1 i ISO 9614-2. Metody orientacyjne o najniższej klasie dokładności są określone w normach ISO 3746, ISO 3747, ISO 9614-1 i ISO 9614-2.

6. Wyznaczenie mocy akustycznej rzeczywistych źródeł hałasu

Wykonano badania, których celem było wyznaczenie mocy akustycznej 9 wentylatorów zlokalizowanych na terenie zakładu przemysłowego na zewnątrz na wysokich zbiornikach. Oznaczono je numerami od W1 do W9. Urządzenia te są zainstalowane na stałe i nie ma możliwości ich przeniesienia do laboratorium w celu wykonania odpowiednich pomiarów. W związku z czym wykonano pomiary „in situ”. Na rycinie 1 przedstawiono szkic sytuacyjny badanych źródeł hałasu.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1. Rozmieszczenie źródeł hałasu, dla których wyznaczono moc akustyczną

Oznaczenia zastosowane na rycinie 1:

W1 do W9 – źródła hałasu,

F – urządzenia odpylające – wysokość obiektu 3,40 m,

S – pomieszczenie techniczne – wysokość obiektu 3,5 m,

PT – punkt, w którym wyznaczono poziom tła dla źródła W1 (dla pozostałych źródeł wyznaczano tło podobnie jak dla W1 w cieniu urządzenia odpylającego).

Warunki atmosferyczne w trakcie wykonywanych pomiarów:

- ciśnienie atmosferyczne – 984,0 hPa,
- temperatura powietrza – 18,1°C,
- wilgotność – 69%,
- wiatr – 3,2 m/s.

Parametry wentylatorów od W1 do W8:

- wydajność – 4000 m³/h,
- wymiary prostopadłościanu odniesienia:

- $l_1 - 0,95$ m,
- $l_2 - 0,65$ m,
- $l_3 - 0,85$ m.

Parametry wentylatora W9:

- wydajność - 24 000 m³/h,
- wymiary prostopadłościanu odniesienia:
 - $l_1 - 2,40$ m,
 - $l_2 - 1,70$ m,
 - $l_3 - 1,55$ m.

Wentylatory będące źródłami hałasu zainstalowane są na stałe. Stanowią one element składowy instalacji odpylających zbiorniki. Pracują w ruchu ciągłym. Wyłączane są jedynie w sytuacjach awaryjnych, planowanych pracach remontowych lub w przypadku wyłączenia całej instalacji. Moc akustyczna została wyznaczona dla każdego obiektu.

6.1. Wybór metody badawczej

Do wykonania badań wytypowano dwie normy - PN-EN ISO 3744 oraz PN-EN ISO 3746. Obydwie są zalecane do pomiarów źródeł stacjonarnych, których nie można przenieść do laboratorium. Środowisko badawcze powinno być polem akustycznym zbliżonym do pola swobodnego w pobliżu jednej lub kilku płaszczyzn odbijających dźwięk w pomieszczeniu lub w przestrzeni otwartej. Norma PN-EN ISO 3744 opisuje metodę techniczną, natomiast PN-EN ISO 3746 - metodę orientacyjną. W tabeli 1 przedstawiono różnice pomiędzy obydwoma wyżej wymienionymi metodami.

Tabela 1

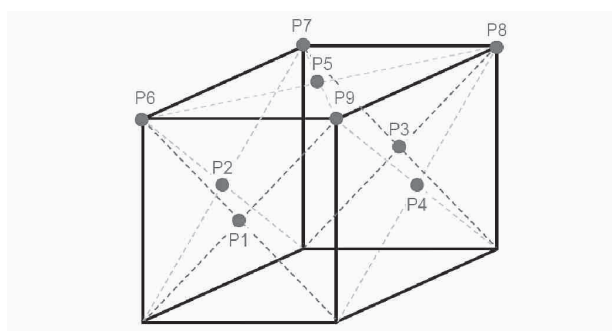
Różnice w wymaganiach norm PN-EN ISO 3744 [3] i PN-EN ISO 3746 [5]

Wymaganie	Norma PN-EN ISO 3744	Norma PN-EN ISO 3746
Kryterium przydatności środowiska badawczego K_2	≤ 2 dB	≤ 7 dB
Ograniczenia zależne od hałasu tła K_1	$\Delta L \geq 6$ dB $K_1 \leq 1,3$ dB $\Delta L > 15$ dB poprawki się nie wprowadza	$\Delta L \geq 3$ dB $K_1 \leq 3$ dB
Liczba punktów pomiarowych	≥ 9	≥ 4
Aparatura pomiarowa	1 klasa dokładności	2 klasa dokładności

Źródło: Opracowanie własne.

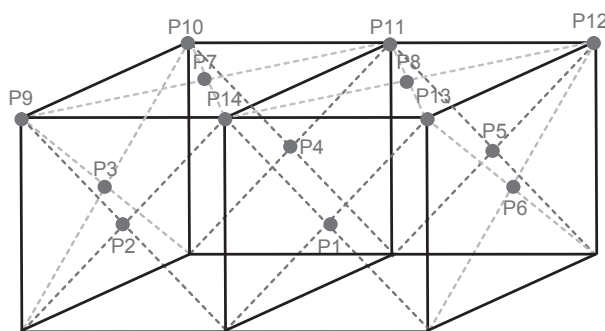
6.2. Warunki wykonania pomiarów

Pomiary tła wykonywano w punkcie oznaczonym na rycinie 1 jako PT, zlokalizowanym za ekranem akustycznym, który stanowi urządzenie odpylające współpracujące z danym źródłem. Dla obiektów od W1 do W8 wyznaczono prostopadłościennie powierzchnie pomiarowe przy $d = 0,5$ m. Na powierzchniach pomiarowych źródeł od W1 do W8 wyznaczono 9 punktów pomiarowych zgodnie z normą [3], natomiast dla źródła W9 wyznaczono 14 punktów pomiarowych przy $d = 1$ m. Pomiary poziomu dźwięku wykonano miernikiem całującym SVAN 955, nr 23062 z wykorzystaniem stałej czasowej F, czasem całkowania 30 s oraz charakterystyką częstotliwościową A. Umieszczenie punktów pomiarowych dla źródeł od W1 do W8 pokazano na rycinie 2.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na powierzchni źródeł od W1 do W8



Źródło: Opracowanie własne.

Rys. 3. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na powierzchni źródła W8

W tabeli 2 przedstawiono wyniki pomiarów oraz wartość średnią wraz z odchyleniem standardowym dla pomiarów, których celem było wyznaczenie poziomu tła. Wykonano 5 pomiarów poziomu dźwięku po 30 s.

Wartość średnią wyznaczono za pomocą poniższej zależności [4]:

$$L_{Asr} = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n 10^{0,1L_{Ak}} \right) \text{dB} \quad (1)$$

T a b e l a 2

Wyniki pomiaru poziomu dźwięku w celu wyznaczenia poziomu tła

Numer pomiaru	Poziom dźwięku w dB	Wartość średnia tła w dB
1	62,7	62,4
2	62,5	
3	62,3	
4	62,3	
5	62,3	

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Przykładowe wyniki pomiarów dla źródła W1 przedstawiono w tabeli 3. Pozostałe źródła były badane tak samo z wyjątkiem źródła W9, gdzie wykonano 14 pomiarów.

T a b e l a 3

Wyniki pomiaru poziomu dźwięku w celu wyznaczenia mocy akustycznej źródła W1

Numer pomiaru	Poziom dźwięku w dB	Wartość średnia w dB	Wartość średnia tła w dB	Różnica pomiędzy wartością średnią a wartością tła
1	81,4	78,1	62,4	15,7
2	79,2			
3	76,8			
4	78,0			
5	78,8			
6	77,6			
7	76,7			
8	74,7			
9	75,2			

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

W tabeli 4 zamieszczono wartości średnie wszystkich zbadanych źródeł hałasu, dla których wyznaczono moc akustyczną. Wartość poprawki uwzględniającej hałas tła wyznaczono zgodnie z poniższą zależnością [3]:

$$K_{1A} = -10_{lg} \left(1 - 10^{-0,1\Delta L_A} \right) \text{ dB}, \quad (2)$$

gdzie:

$$\Delta L_A = \overline{L'_{pA}} - \overline{L''_{pA}} \text{ dB}, \quad (3)$$

w którym:

$\overline{L'_{pA}}$ – poziom dźwięku uśredniony na powierzchni pomiarowej w czasie pracy źródła w dB,

$\overline{L''_{pA}}$ – poziom dźwięku tła na powierzchni pomiarowej źródła w dB.

Gdy różnica pomiędzy pomiarem wykonanym w trakcie pracy źródła a wartością tła jest większy niż 15 dB, poprawki K_1 się nie uwzględnia.

Tabela 4

Wartości średnie poziomów dźwięku zmierzonego dla poszczególnych źródeł hałasu

Oznaczenie źródła	Średni poziom dźwięku $\overline{L'_{pA}}$ w dB	Poziom tła $\overline{L''_{pA}}$ w dB	Różnica pomiędzy wartością średnią a wartością tła	Wartość poprawki K_{1A} w dB	Średni poziom dźwięku po uwzględnieniu poprawki K_{1A} w dB
W1	78,1	62,4	15,7	–	78,1
W2	75,2	62,4	12,8	0,23	75,0
W3	78,8	62,4	16,4	–	78,8
W4	79,5	62,4	17,1	–	79,5
W5	75,1	62,4	12,7	0,24	74,9
W6	76,3	62,4	13,9	0,18	76,1
W7	79,7	62,4	17,3	–	79,7
W8	76,5	62,4	14,1	0,17	76,3
W9	73,9	62,4	11,5	0,32	73,6

Źródło: Opracowanie własne.

Obliczenia powierzchniowego poziomu dźwięku L_{pf} z uwzględnieniem poprawki wynikającej z oddziaływania tła wykonano zgodnie ze wzorem:

$$\overline{L_{pfA}} = \overline{L'_{pA}} - K_{1A} - K_{2A} \text{ dB} \quad (4)$$

Moc akustyczną źródła określono na podstawie wzoru:

$$L_{WA} = \overline{L_{pfA}} + 10 \lg \left(\frac{S}{S_0} \right) \text{ dB}, \quad (5)$$

gdzie:

S – pole powierzchni pomiarowej w m^2 ,

$S_0 = 1 m^2$.

W tabeli 5 przedstawiono arkusz pomocniczy do obliczenia wartości mocy akustycznej źródła hałasu.

Tabela 5

Arkusz pomocniczy do wyznaczania mocy akustycznej źródła hałasu

Nazwa źródła	Wentylator 4000 m ³ /h – W1		
	Dane do obliczeń		Wyniki obliczeń
l_1	1,0 m	a	0,98 m
l_2	0,7 m	b	0,83 m

cd. tab. 5

Nazwa źródła	Wentylator 4000 m ³ /h – W1		
Dane do obliczeń		Wyniki obliczeń	
l_3	0,9 m	c	1,35 m
d	0,5 m	S	12,94 m ²
L_{pFA}	77,9 dB	$10\log(S/S_0)$	11,12 dB
Poziom mocy akustycznej			
L_{WA}	89,0 dB		

Źródło: Opracowanie własne.

Wyznaczone wartości mocy akustycznych poszczególnych źródeł hałasu przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6

Wyznaczone moce akustyczne poszczególnych źródeł hałasu

Oznaczenie źródła hałasu	Wyznaczona moc akustyczna w dB
W1	89,2
W2	86,1
W3	89,9
W4	90,6
W5	86,0
W6	87,2
W7	90,8
W8	87,4
W9	91,3

Źródło: Opracowanie własne.

6.3. Kwalifikacja metody badawczej

Norma PN-EN ISO 3746 w stosunku do PN-EN ISO 3744 jest taka sama z tą różnicą, że ma mniejsze wymagania (tab. 4).

Poniżej przedstawiono spełnienie wymagań wymienionych uprzednio norm (PN-EN ISO 3746 i PN-EN ISO 3744) w trakcie wyznaczania mocy akustycznych źródeł od W1 do W9.

Do wyznaczenia współczynnika K_{2A} jako poprawki środowiskowej na podstawie chłonności akustycznej pomieszczenia wykorzystuje się następującą zależność:

$$K_2 = 10\lg \left[1 + 4 \left(\frac{S}{A} \right) \right] \text{ dB}, \quad (6)$$

gdzie

A – chłonność akustyczna pomieszczenia w m²,

S – pole powierzchni pomiarowej w m².

Współczynnik ten jest uwzględniany w przypadku pomiarów wykonywanych wewnątrz pomieszczeń. Ponieważ pomiary wykonywano w przestrzeni otwartej, współczynnik ten dąży do zera. Wobec tego spełniony jest warunek $K_2 \leq 2$ dB wymagany przez normę PN-EN ISO 3744. Maksymalna wartość poprawki ze względu na tło K_1 obliczonej zgodnie ze wzorem (2) zamieszczonej w tabeli 4 wynosi 0,24 dB, co jest wartością mniejszą niż wymaganie normy PN-EN ISO 3744 $K_1 \leq 1,3$ dB. Liczba punktów, w których wykonano pomiary wynosi 9 dla źródeł od W1 do W8 oraz 14 dla źródła W9. Norma PN-EN ISO 3744 wymaga, aby liczba ta była ≥ 9 w zależności od wielkości źródła i wartości d . Wobec tego warunek ten jest również spełniony. Do badań wykorzystano miernik całkujący o 1 klasie dokładności, w związku z czym wymaganie normy PN-EN ISO 3744 również jest spełnione.

Reasumując, należy zaznaczyć, że wszystkie wymagania normy PN-EN ISO 3744 są spełnione, co oznacza, iż moce akustyczne są wyznaczone z 2 klasą dokładności, tj. metodą techniczną. Metoda ta jest preferowana do celów deklarowania hałasu. Dostarcza ona wystarczającą ilość informacji do podjęcia działań technicznych, np. w celu zwalczania hałasu.

7. Podsumowanie

W normach PN-EN ISO 3744 oraz PN-EN ISO 3746 przedstawiono bardzo praktyczne metody wyznaczania mocy akustycznej maszyn i urządzeń zainstalowanych w zakładach przemysłowych, których nie można przenieść do laboratorium w celu wykonania dokładnych badań.

Druga klasa dokładności dla metody technicznej zawartej w normie PN-EN ISO 3744 jest wystarczająca dla deklaracji poziomu hałasu maszyny przez producenta. Wynik tego badania można również wykorzystać do obliczeń propagacji hałasu w środowisku.

Jeżeli nie ma możliwości technicznej spełnienia wymagań normy PN-EN ISO 3744, badanie można zakwalifikować do 3 klasy dokładności, można ją uzyskać zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3746, w której opisana jest metoda orientacyjna. W takim przypadku można wynik badania wykorzystać do oceny badanej maszyny.

Najczęstszym przypadkiem jest brak możliwości spełnienia warunku $K_2 \leq 2$ dB. Wartość tej poprawki waha się najczęściej w granicach 2 do 4 dB. Przy niespełnieniu tego warunku i jednoczesnym spełnieniu pozostałych warunków, wynik badania można uznać za wykonany z 2 klasą dokładności pod warunkiem przyjęcia do obliczeń $K_2 = 2$.

Literatura

- [1] PN-EN ISO 3740: 2003 – Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu. Wytyczne stosowania norm podstawowych.
- [2] PN-EN ISO 12001: 2000 – Akustyka. Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia. Zasady opracowania i prezentacji procedury badania hałasu.
- [3] PN-EN ISO 3744: 1999 – Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metoda techniczna stosowana w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk.
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody, Dz.U. z 2014 r. poz. 1542.
- [5] PN-EN ISO 3746: 1999 – Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metoda orientacyjna z zastosowaniem otaczającej powierzchni nad płaszczyzną odbijającą dźwięk.

*ALFRED NOLEPA
KATARZYNA KIPRIAN
GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI
PRZEMYSŁAW ŁACH*

METHODS FOR DETERMINING THE SOUND POWER LEVEL OF A NOISE SOURCE

Keywords: noise, sound power, noise source, research procedure.

The basic document regulating procedures of determination of sound power is a polish standard no. PN-EN ISO 3740 called – Acoustics. Determination of sound power levels of noise source. Guidelines for the use of basic standards – which was published in October 2003. In this standard the guidelines for the use of international standards ISO 3740 and ISO 9614 were presented, which describe different methods of determining the sound power for machinery and equipment of various types. Favoured accuracy class for the purposes of noise declaration is technical accuracy class, i.e. 2. accuracy class.

Two standards PN-EN ISO 3744 and PN-EN ISO 3746 were chosen for research. PN-EN ISO 3744 meets requirements 2. accuracy class and PN-EN ISO 3746 meets requirements 3. accuracy class. In this paper the requirements of two standards were described and compared.

The research of 9 noise sources according to PN-EN ISO 3744 standard were performed and the sound powers were determined for these sources. The analysis of the requirements used in this standard was performed. All the requirements were met therefore the research results were accepted as performed according to the accuracy class 2.