

**POLITECHNIKA**



**BIAŁOSTOCKA**

**WYDZIAŁ**



**INŻYNIERII  
ZARZĄDZANIA**

**KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

***Systemy kontrolno-pomiarowe***

Kod przedmiotu: **KSU011012, KNU011012**

**Ćwiczenie nr 1**

**POMIAR POZIOMU HAŁASU  
EMITOWANEGO PODCZAS PRACY  
URZĄDZEŃ MECHANICZNYCH**

O p r a c o w a ł :

dr inż. Arkadiusz Łukjaniuk

Białystok 2020

*Wszystkie prawa zastrzeżone*

*Wszystkie nazwy handlowe i towarów występujące w niniejszej instrukcji są znakami towarowymi zastrzeżonymi lub nazwami zastrzeżonymi odpowiednich firm odnośnych właścicieli.*

---

---

Laboratorium „Systemy kontrolno-pomiarowe”

**Ćw. Nr1 „Pomiar poziomu hałasu emitowanego podczas pracy urządzeń...”**

**CEL ĆWICZENIA:** Zapoznanie studentów z metodami i techniką pomiaru natężenia dźwięku, wpływem hałasu na organizm ludzki oraz opanowanie umiejętności pracy z miernikiem dźwięku SON-50 i poznanie jego możliwości pomiarowych.

## 1. PODSTAWY TEORETYCZNE

Dźwięk jest zjawisko falowe wywołane drganiem cząstek dowolnego ośrodka sprężystego (powietrza, ciał stałych, cieczy...). Źródłem dźwięku są pracujące maszyny, instalacje wentylacyjne, środki transportu, ludzie, itp. Dźwięk, który ze względu na poziom, charakter, miejsce i czas występowania, staje się uciążliwym lub szkodliwym nazywa się hałasem.

**Hałas o poziomie ustalonym** - hałas, którego poziom dźwięku  $A$  w określonym miejscu zmienia się nie więcej niż o  $5\text{ dB}$ .

**Hałas o poziomie nieustalonym** - hałas, którego poziom dźwięku  $A$  w określonym miejscu zmienia się więcej niż o  $5\text{ dB}$ .

**Hałas impulsowy** – hałas, który składa się z jednego lub kilku impulsów dźwiękowych, z których każdy trwa nie dłużej niż  $0,2\text{s}$ .

Fale dźwiękowe (w zależności od konfiguracji źródła dźwięku) mogą być kuliste, płaskie lub cylindryczne i charakteryzują się następującymi parametrami;

- częstotliwością  $f$  w Hz;
- prędkością dźwięku  $c$  w m/s (zależna jest od ośrodka i rodzaju ośrodka drgającego – w powietrzu  $c \approx 340\text{m/s}$ );
- długością fali  $\lambda$  w m:

$$\lambda = \frac{c}{f}.$$

Ze względu na częstotliwość i długość fali dźwięki dzielą się na:

- **infradźwięki** (niesłyszalne dla ucha ludzkiego) o częstotliwości  $f < 16\text{Hz}$  ( $\lambda > 21\text{m}$  - wytwarzane przez ciężkie pojazdy samochodowe, samoloty, sprężarki tłokowe, turbozespoły, rurociągi, itp.);
- **dźwięki słyszalne** o zakresie częstotliwości:  $16 < f < 20000\text{Hz}$  i długości fali:  $0,017 < \lambda < 21\text{m}$ ;
- **ultradźwięki** (niesłyszalne dla ucha ludzkiego) o częstotliwości  $f > 20000\text{Hz}$  ( $\lambda < 0,017\text{m}$  – źródło: aparatura rehabilitacyjna, ultradźwiękowa aparatura diagnostyczna i pomiarowa, aparatura medyczna, itp.)

Każde źródło dźwięków charakteryzuje się **mocą akustyczną** ( $L_p$  w  $\text{dB}$  – jest to ilość energii jaką wysyła źródło dźwięku w jednostce czasu).

Natomiast **ciśnienie akustyczne** ( $p_a$  w  $Pa$ ) jest różnica pomiędzy chwilową wartością ciśnienia powstałego w określonym punkcie pola pod działaniem fal akustycznych, a wartością ciśnienia statycznego.

Poziom mocy akustycznej  $L'_p$ :

$$L'_p = 10 \lg \frac{p'_a}{p'_o} \text{ dB}, \quad (1)$$

gdzie:  $p'_a$  - moc akustyczna źródła w  $W$ ;

$p'_o$  - moc akustyczna odniesienia ( $p'_o = 10^{-12} W$ ) zbliżona do progu słyszalności.

Poziomu natężenia dźwięku  $L_J$ :

$$L_J = 10 \lg \frac{J}{J_o} [\text{dB}], \quad (2)$$

gdzie:  $J_o$  - natężenie dźwięku odniesienia, ( $J_o = 10^{-12} W/m^2$ ).

W praktyce pomiarowej poziom ciśnienia akustycznego oblicza się ze wzoru:

$$L_p = 20 \lg \frac{p_a}{p_o} [\text{dB}], \quad (3)$$

gdzie:  $p_a$  - ciśnienie akustyczne w  $Pa$ ;

$p_o$  - ciśnienie akustyczne odniesienia ( $p_o = 2 \cdot 10^{-5} Pa$ ).

Wartość ciśnienia akustycznego wytworzonego przez punktowe źródło dźwięku zmienia się w zależności od odległości  $r$  od źródła:

$$p_a = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{P \rho c}{2\pi}}, \quad (4)$$

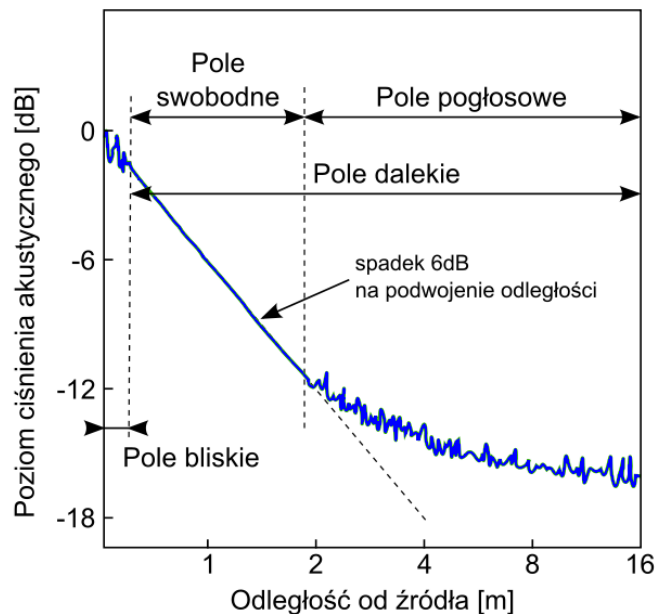
gdzie:  $P$  – amplituda ciśnienia akustycznego;

$\rho$  – gęstość ośrodka;

$c$  – prędkość rozchodzenia się fali akustycznej w ośrodku.

Na rys.1 przedstawiony jest rozkład ciśnienia akustycznego w funkcji odległości od źródła. Wielkość pola bliskiego zależy od częstotliwości, rozmiarów źródła i stosunków fazowych jego powierzchni promieniujących. W polu swobodnym dominuje energetycznie sygnał ze źródła dźwięku i spełnione jest prawo odwrotnej proporcjonalności. Z powodu nakładania się fal odbitych od powierzchni ograniczających źródło - pole to istnieje tylko w niewielkiej odległości od źródła. W obszarze pola pogłosowego występują fluktuacje ciśnienia akustycznego wynikające z interferencji fali

bezpośredniej i fal odbitych, a wartość ciśnienia akustycznego zmienia się nieznacznie z odległością od źródła.



Rys. 1. Rozkład ciśnienia akustycznego w zależności od odległości od źródła dźwięku.

Istnieją dwa różne podejścia dla określenia poziomu mocy akustycznej źródła:

- przeprowadzać pomiary w strefie, gdzie dominuje pole swobodne i gdzie jest słaby wpływ pola pogłosowego (dźwięki odbite od ścian pomieszczenia i jego wyposażenia) oraz uwzględnić korektę (poprawkę) środowiskową tła;
- przeprowadzać pomiary w strefie, w której dominuje pole pogłosowe, czyli z daleka od źródła.

W obydwu przypadkach charakterystyki środowiska badawczego wpływają wyraźnie na dokładność pomiaru poziomu mocy akustycznej.

W pierwszej metodzie poziom mocy akustycznej maszyny wyznacza się na zasadzie próbkowania pola akustycznego w sąsiedztwie źródła we wszystkich kierunkach, a przetworniki umieszczone są na powierzchni otaczającej źródło mierzą:

- ciśnienie akustyczne – jest to metoda zwana „klasyczną” i używa się do tego celu zwykle mikrofony;
- natężenie dźwięku - sondy z dwoma mikrofonami, wyznaczające natężenie dźwięku w punkcie, w którym się znajdują (pomiar natężenia dźwięku w polu pogłosowym).

Bez względu na zastosowaną metodę, wyznaczenie emisji hałasu danego źródła jest zakłócone przez emisje dźwiękową, zwaną „hałasem tła”.

Należy więc wprowadzać do wyników pomiarów poprawkę uwzględniającą hałas tła.

Do pomiaru poziomu hałasu używa się mikrofonów. Mikrofony mogą być:

- kwasowe;
- węglowe;
- piezoelektryczne;
- dynamiczne (magnetoelektryczne);
- pojemnościowe (elektrostatyczne);
- laserowe;
- światłowodowe.



Rys. 2. Mikrofony: a) węglowy; b) dynamiczny; c) pojemnościowy; d) budowa mikrofonu pojemnościowego.

Na rys. 2 przedstawione są wybrane rodzaje mikrofonów. Omówię budowę i zasadę działania mikrofonu pojemnościowego, ponieważ ten mikrofon jest używany podczas badań w tym laboratorium. Proponuję studentom na samodzielne zapoznanie się z budową i zasadą działania pozostałych rodzajów mikrofonów. W mikrofonach pojemnościowych (rys. 2c i 2d) fale dźwiękowe są przetwarzane na zmianę pojemności:

$$C = \frac{\epsilon_o \epsilon_p S}{d}, \quad (5)$$

gdzie:  $C$  – pojemność kondensatora w  $F$ ;

$\epsilon_o$  – przenikalność elektryczna próżni -  $8,8541878 \cdot 10^{-12} F/m$ ;

$\epsilon_p$  – względna przenikalność elektryczna powietrza - 1,00059;

$S$  – pole powierzchni okładek kondensatora w  $m^2$ ;

$d$  – odległość między okładkami w  $m$ .

Fale dźwiękowe działając na membranę wykonaną z bardzo cienkiej i elastycznej folii z napyłoną warstwą złota zmieniają odległość  $d$  od drugiej

okładki kondensatora, którą jest zwykle drobna siatka metalowa. Zmiana odległości (przy stałych w czasie wartościach  $S$ ,  $\epsilon_0$ ,  $\epsilon_p$  i  $U_z$ ) powoduje zmianę pojemności  $C$ . Następnie sygnał zmiany pojemności jest przetwarzany za pomocą odpowiednich układów elektronicznych na wartość ciśnienia akustycznego. Mikrofony tego typu wymagają zasilania.

Wpływ na dokładność pomiaru mają następujące czynniki:

- wilgotność powietrza (względna przenikalność elektryczna wody wynosi ok. 81, a więc zmiana wilgotności powietrza zmienia pojemność kondensatora);
- stałość napięcia zasilania;
- zmiana temperatury (pod wpływem temperatury następuje zmiana wymiarów okładek kondensatora, a więc i zmiana pojemności, co jest zjawiskiem niepożądanym).

Do pomiar hałasu normalizatorzy zdefiniowali trzy klasy dokładności:

- **klasa 1 - zwana laboratoryjną** (najbardziej dokładna). W metodzie tej nie uwzględnia się środowiska badawczego, umieszczając źródło w pomieszczeniu (komory: bezechowa półbezechowa lub pogłosowa) specjalnie zbudowanym do wyznaczania mocy akustycznej i spełniającym bardzo rygorystyczne wymagania. Taka metoda jest kosztowna, a poza tym nie zawsze jest możliwość przemieszczania źródła hałasu do tego środowiska i zapewnienia jego właściwego funkcjonowania;
- **klasa 2 - zwana techniczną** (klasa pośrednia). Dokładność pomiarów jest mniejsza niż dla klasy 1, ale stosowanie metody jest łatwiejsze. Ta klasa jest zalecana, gdy wyznaczanie mocy akustycznej ma na celu deklarację emisji hałasu maszyny przez jej producenta.
- **klasa 3 - zwana orientacyjną** (najmniej dokładna). Dokładność jest mała, ale stopień trudności związany z jej zastosowaniem jest też niewielki. Klasa 3 może mieć zastosowanie tylko do oceny wstępnej lub wtedy, gdy nie można zastosować żadnej innej metody bardziej precyzyjnej.

W tabeli 1 przedstawione są rodzaje znormalizowanych metod pomiarów poziomu akustycznego maszyn i urządzeń [1].

Tabela1.

---

Laboratorium „Systemy kontrolno-pomiarowe”

Ćw. Nr1 „Pomiar poziomu hałasu emitowanego podczas pracy urządzeń...”

---

RODZAJE ZNORMALIZOWANYCH METOD WYZNACZANIA POZIOMÓW MOCY AKUSTYCZNEJ MASZYN I URZĄDZEŃ

Nr normy	Klasyfikacja metody	Środowisko badawcze	Objętość źródła	Charakter hałasu	Poziomy mocy akustycznej możliwe do uzyskania	Dostępne informacje nieobowiązkowe
3741 <del>1</del>	dokładna (klasa 1)	komora pogłosowa spełniająca określone wymagania	zaleca się mniejszą niż 1% objętości pomieszczenia pomiarowego	ustalony, o widmie szerokopasmowym	w pasmach 1/3-oktawowych lub oktawowych	skorygowany poziom mocy akustycznej A
3742 <del>1</del>				ustalony, o widmie dyskretnym lub wąskopasmowym		
3743-1	techniczna (klasa 2)	pomieszczenie pomiarowe o ścianach odbijających dźwięk	zaleca się mniejszą niż 1% objętości pomieszczenia pomiarowego	ustalony, o widmie szerokopasmowym wąskopasmowym lub dyskretnym	skorygowany charakterystyką częstotliwościową A i w pasmach 1/3-oktawowych	inne skorygowane poziomy mocy akustycznej
3743-2		spełnalne pomieszczenie pogłosowe				
3744	techniczna (klasa 2)	na zewnątrz albo w dużym pomieszczeniu	największy wymiar mniejszy niż 15 m	dowolny	skorygowany charakterystyką częstotliwościową A i w pasmach 1/3-oktawowych lub oktawowych	charakterystyka kierunkowa i poziomy ciśnienia akustycznego w funkcji czasu; inne skorygowane poziomy mocy akustycznej
3745 <del>1</del>	dokładna (klasa 1)	komora bezchowa albo bezchowa z odbijającą podłogą	zaleca się mniejszą niż 0,5% objętości pomieszczenia pomiarowego	dowolny		
3746	orientacyjna (klasa 3)	nie jest wymagane spełnalne środowisko pomiarowe	brak ograniczeń; ograniczona tylko przez dostępne środowisko pomiarowe	dowolny	skorygowany charakterystyką częstotliwościową A	poziomy ciśnienia akustycznego w funkcji czasu; inne skorygowane poziomy mocy akustycznej
3747 <del>1</del>	orientacyjna (klasa 3)	nie jest wymagane spełnalne środowisko pomiarowe; badane źródło nieruchome	brak ograniczeń	ustalony, o widmie szerokopasmowym wąskopasmowym lub dyskretnym	skorygowany charakterystyką częstotliwościową A	poziomy mocy akustycznej w pasmach oktawowych
3747 <del>1</del>	orientacyjna (klasa 3)	nie jest wymagane spełnalne środowisko pomiarowe; badane źródło nieruchome	brak ograniczeń	ustalony, o widmie szerokopasmowym wąskopasmowym lub dyskretnym	skorygowany charakterystyką częstotliwościową A	poziomy mocy akustycznej w pasmach oktawowych
9614-1	dokładna, techniczna lub orientacyjna (klasy 1,2 lub 3)	dowolny	brak ograniczeń	ustalony, o widmie szerokopasmowym, wąskopasmowym lub dyskretnym	skorygowany charakterystyką częstotliwościową A w ograniczonym zakresie częstotliwości i w pasmach 1/3 oktawowych lub oktawowych	koncentracja dodatniej i/lub ujemnej mocy akustycznej
9614-2	techniczna lub orientacyjna (klasy 2 lub 3)	dowolny	brak ograniczeń	ustalony, o widmie szerokopasmowym, wąskopasmowym lub dyskretnym	skorygowany charakterystyką częstotliwościową A w ograniczonym zakresie częstotliwości i w pasmach 1/3 oktawowych lub oktawowych	

1) Wersje polskie tych norm zostaną opracowane po zakończeniu prac związanych z ich rewizją w ramach Komitetu ISO/TC 43 i przyjęciu przez Komitet CEN 211

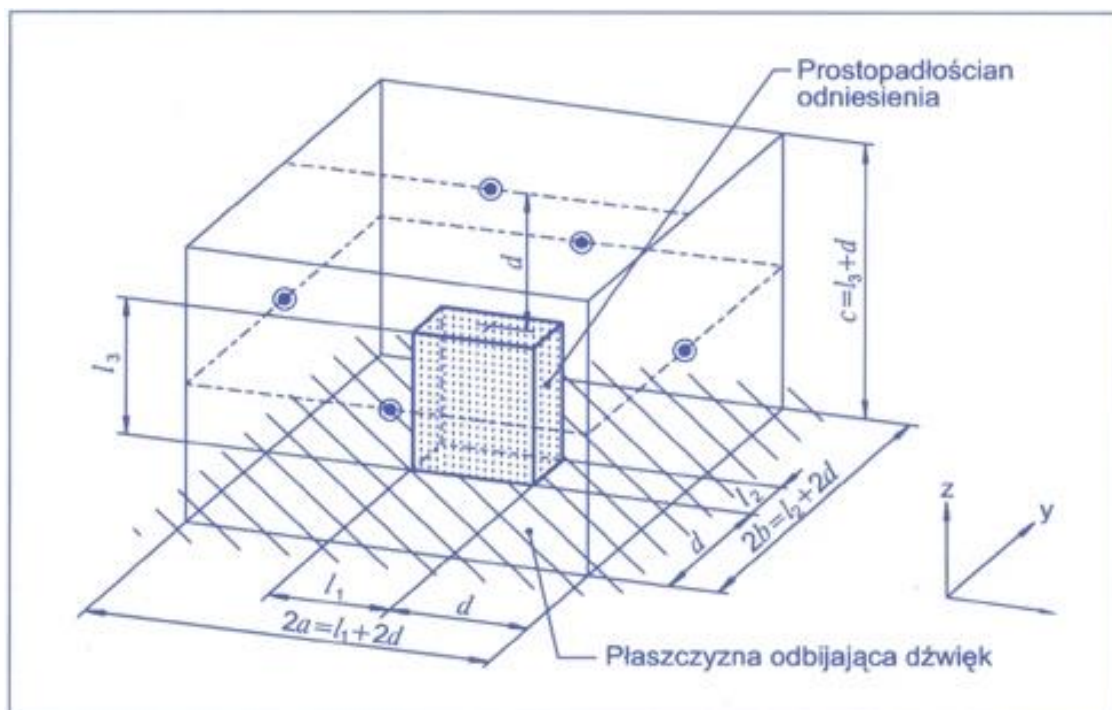


Metody wyznaczania poziomów ciśnienia akustycznego emisji, wymagające przeprowadzenia pomiarów ciśnienia akustycznego zawierają:

- metodę techniczną warunków zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk, bez korekcy środowiskowej (PN-EN ISO 11201 [2]);
- metodę orientacyjną w warunkach *in situ* z korekcją środowiskową, określaną w sposób uproszczony (PN-EN ISO 11202 [3]);
- metodę techniczną/orientacyjną wymagającą poprawek środowiskowych, uwzględniających brak spełnienia przez środowiska badawcze warunków idealnego pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk (PN-EN ISO 11204 [4]).

W przeprowadzanym ćwiczeniu używana będzie metoda techniczna, dlatego też zostanie ona opisana szczegółowo.

Pomiary wykonuje się w punktach rozmieszczonych na płaszczyźnie pomiarowej (rys.3).



Rys. 3. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na prostokątnej powierzchni pomiarowej [1].

Pozycję i liczbę mikrofonów określają (normy EN ISO 3744 i 3746):

- wymiary badanego źródła;
- odległość, jaka dzieli powierzchnię otaczającą od badanego źródła (dla powierzchni pomiarowej równoległej zaleca się odległość 1 m, ale można zbliżyć się aż do 0,25 m do powierzchni zewnętrznej źródła, na przykład po to, aby zredukować wpływ hałasu tła);

- c) kształt powierzchni otaczającej (równoległoscian lub półkula do wyboru przez użytkownika normy). Generalnie preferowana jest powierzchnia otaczająca równoległościenna, o mniejszym zasięgu, z wyjątkiem przestrzeni pomiarowej dla sprzętu, przeznaczonego do pracy w otwartej przestrzeni (maszyny rolnicze lub stosowane w leśnictwie, maszyny budowlane, itp.). Należy wiedzieć, że wynik nie jest całkowicie niezależny od kształtu powierzchni otaczającej.

Liczba pozycji mikrofonowych wzrasta szybko wraz z wielkością badanego źródła hałasu (tabela 2).

Tabela 2. Liczba wymaganych pozycji mikrofonu według wielkości maszyny dla norm EN ISO 3744 I EN ISO 3746.

Rozmiary <b>L, l, h</b> źródła w m	EN ISO 3744 (Klasa 2)	EN ISO 3746 <sup>1)</sup> (Klasa 3)
<b><math>L \leq 1, l \leq 1, h \leq 2</math></b> (małe źródło)	9	5
<b><math>L \leq 1, l \leq 1, 2 \leq h \leq 5</math></b> (źródło wysokie i wąskie)	17	9
<b><math>4 &lt; L \leq 7, l \leq 1, h \leq 2</math></b> (źródło wydłużone)	19	11
<b><math>1 &lt; L \leq 4, l \leq 4, 2 &lt; h \leq 5</math></b> (źródło średniej wielkości)	36	20
<b><math>4 &lt; L \leq 7, 1 &lt; l \leq 4, 2 &lt; h \leq 5</math></b> (duże źródło)	46	26

<sup>1)</sup> Punkty pomiarowe w normie EN ISO 3746 odpowiadają punktom pomiarowym w normie EN ISO 3744. Jeśli z jakichś powodów stwierdza się, że po zastosowaniu metody wg EN ISO 3744 wymóg klasy 2 nie jest spełniony, można zastosować wyniki pomiarów skorygowane charakterystyką A otrzymane w punktach wspólnych dla obydwu norm i w ten sposób otrzymać wynik klasy 3 zgodny z EN ISO 3746, bez konieczności powtarzania żadnego pomiaru.

Poziom mocy akustycznej  $L_{WA}$  skorygowany charakterystyką częstotliwościową  $A$  (zwany też skorygowanym poziomem mocy akustycznej  $A$ ) wyznacza się ze wzoru:

$$L_{WA} = \overline{L_{pFA}} + 10 \lg \frac{S}{S_0} \text{ dB} \quad (6)$$

gdzie:  $\overline{L_{pFA}} = \overline{L_{pA}} - K_{1A} - K_{2A}$  (7) jest to równoważny uśredniony na powierzchni pomiarowej tzw. powierzchniowy poziom dźwięku  $A$ ;

$S$  - pole powierzchni pomiarowej w  $m^2$ ;

$S_0 = 1 m^2$ ;

$K_{1A}$  - poprawka uwzględniająca hałas tła, charakteryzująca wpływ hałasu tła na poziom dźwięku  $A$  na powierzchni pomiarowej -  $K_{1A} \leq 3 \text{ dB}$ ;

$K_{2A}$  - poprawka środowiskowa uwzględniająca wpływ dźwięków odbitych lub pochłoniętych na poziom dźwięku  $A$  na powierzchni pomiarowej -  $K_{2A} \leq 7 \text{ dB}$ .

Poprawkę  $K_{1A}$  oblicza się ze wzoru:

$$K_{1A} = -10 \lg (1 - 10^{-0,1 \Delta L_A}) \text{ dB}, \quad (8)$$

gdzie:  $\Delta L_A = \overline{L'_{pA}} - \overline{L''_{pA}}$  (9)

$\overline{L'_{pA}}$  - równoważny poziom dźwięku  $A$  uśredniony na powierzchni pomiarowej w czasie pracy badanego źródła;

$\overline{L''_{pA}}$  - równoważny poziom dźwięku  $A$  hałasu tła uśredniony na powierzchni pomiarowej przy wyłączonym źródle dźwięku.

Jeśli  $\Delta L_A > 10 \text{ dB}$   $K_{1A} = 0$ , a jeśli  $10 \text{ dB} \geq \Delta L_A \geq 3 \text{ dB}$  to poprawkę  $K_{1A}$  wyznacza się zgodnie z podanym wzorem (8).

Poprawka  $K_{2A}$  wyznaczana jest wg procedur podanych w załączniku A normy PN-EN ISO 3746:1999, tj. stosując źródło dźwięku odniesienia lub wyliczając ją ze wzoru:

$$K_{2A} = \lg [1 + 4(S/A_1)] \text{ dB}, \quad (9)$$

gdzie:  $A_1$  - chłonność akustyczna pomieszczenia w  $m^2$ ;

$S$  - pole powierzchni pomiarowej w  $m^2$ .

W tej metodzie jest brak ograniczeń co do objętości źródła dźwięku (ograniczona jest tylko warunkami środowiska badawczego).

Charakter hałasu jest dowolny (ustalony, nieustalony, impulsowy, o widmie szerokopasmowym, wąskopasmowym, dyskretnym).

Dokładność metody wyznaczania poziomu mocy akustycznej  $L_{WA}$  wyrażona jest przez odchylenie standardowe odtwarzalności  $\sigma_R$ :

- $\sigma_R \leq 3$  dB (jeśli  $K_{2A} < 5$  dB);
- $\sigma_R \leq 4$  dB (jeśli  $5 \leq K_{2A} \leq 7$  dB);
- jeśli dominują tony to wartość  $\sigma_R$  jest większa o 1 dB.

Niepewność pomiaru zależy od odchylenia standardowego odtwarzalności oraz od wymaganego poziomu ufności. Przy rozkładzie normalnym poziomów mocy akustycznej prawdopodobieństwo, że spodziewana wartość poziomu mocy akustycznej źródła mieści się w przedziale  $\pm 1,654\sigma_R$  wartości zmierzonej wynosi 90%, a prawdopodobieństwo, że mieści się w przedziale  $\pm 1,96\sigma_R$  wartości zmierzonej wynosi 95%.

Hałas w środowisku pracy charakteryzowany jest przez:

- poziom ekspozycji odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy (LEX, 8h) i odpowiadającą mu ekspozycję dzienną (EA, d) lub poziom ekspozycji odniesiony do tygodnia pracy (LEX, w) i odpowiadającą mu ekspozycję tygodniową (EA, w), (wyjątkowo, w przypadku hałasu oddziałującego na organizm człowieka w sposób nierównomierny w poszczególnych dniach tygodnia);
- maksymalny poziom dźwięku A ( $L_{Amax}$ );
- szczytowy poziom dźwięku C ( $LC_{peak}$ ).

Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy (LEX, 8h) lub tygodnia pracy (LEX, w) to wielkość stosowana do scharakteryzowania hałasu zmieniającego się w czasie lub zmiennej ekspozycji na hałas. Definiowany jest jako równoważny (uśredniony energetycznie) poziom dźwięku A, mierzony w dB, wyznaczony dla czasu ekspozycji na hałas równego znormalizowanemu czasowi pracy (tj. dla 8-godzinnego dnia pracy lub tygodnia pracy).

Odpowiednikiem poziomu ekspozycji na hałas, odniesionego do dnia lub tygodnia pracy, jest tzw. dzienna lub tygodniowa ekspozycja na hałas EA, Te – „dawka hałasu”, wyrażana w  $Pa^2 s$ .

Maksymalny poziom dźwięku A ( $L_{Amax}$ ) jest to maksymalna wartość skuteczna poziomu dźwięku A. Szczytowy poziom dźwięku C ( $LC_{peak}$ ) to maksymalna wartość chwilowa poziomu dźwięku C. Wielkości te służą do oceny hałasów krótkotrwałych i impulsowych o dużych poziomach.

W tabeli 3. wymieniono dopuszczalne ze względu na ochronę słuchu (kryterium szkodliwości) wartości poziomu ekspozycji na hałas, odniesione do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy lub tygodnia pracy, maksymalnego poziomu dźwięku A i szczytowego poziomu dźwięku C. Obowiązują one jednocześnie.

Tabela 3. Dopuszczalne poziomy ekspozycji na hałas

Wielkość charakteryzująca hałas	Wartość dopuszczalna
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX, 8h}$ ) w dB	85
Ekspozycja dzienna ( $E_{A, d}$ ) w $Pa^2s$	3640
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy ( $L_{EX, w}$ ) w dB	85
Ekspozycja tygodniowa ( $E_{A, w}$ ) w $Pa^2s$	18200
Maksymalny poziom dźwięku <b>A</b> w dB	115
Szczytowy poziom dźwięku <b>C</b> w dB	135

Podane wartości najwyższego dopuszczalnego natężenia (NDN) hałasu są obowiązujące dla ogółu pracowników, jeśli inne szczegółowe przepisy nie określają wartości niższych. Należy zdawać sobie sprawę, że ich przestrzeganie nie zabezpiecza wszystkich pracowników przed szkodliwym wpływem hałasu. Pomiar hałasu w środowisku pracy wykonywane są w celu ustalenia poziomu narażenia ludzi na działanie hałasu na stanowiskach pracy oraz w innych miejscach, w których mogą przebywać ludzie. Uzyskane wyniki pomiarów porównuje się z wartościami określonymi w przepisach i normach w celu określenia ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas.

Pomiary hałasu należy przeprowadzać:

- co najmniej raz do roku, jeżeli wyniki ostatnio przeprowadzonych pomiarów osiągnęły poziom powyżej 0,5 wartości dopuszczalnych [5];
- co najmniej raz na dwa lata, jeżeli wyniki ostatnio przeprowadzonych pomiarów osiągnęły poziom powyżej 0,1, lecz nie przekroczyły 0,5 wartości dopuszczalnych;
- w każdym przypadku wprowadzenia zmiany w warunkach występowania hałasu.

Do pomiaru wielkości charakteryzujących hałas powinny być stosowane dozymetry hałasu lub całkujące mierniki poziomu dźwięku o klasie dokładności 2 lub większej. Wymagania, jakie powinny spełniać wspomniane przyrządy pomiarowe, są zawarte w normach:

- PN-EN 61252: 2000 – *Elektroakustyka. Wymagania dotyczące indywidualnych mierników ekspozycji na dźwięk*;
- PN-EN 60804: 2002 – *Całkująco-uśredniające mierniki poziomu dźwięku*.

Pomiary wielkości określających hałas na stanowiskach pracy przeprowadza się dwoma metodami: bezpośrednią i pośrednią.

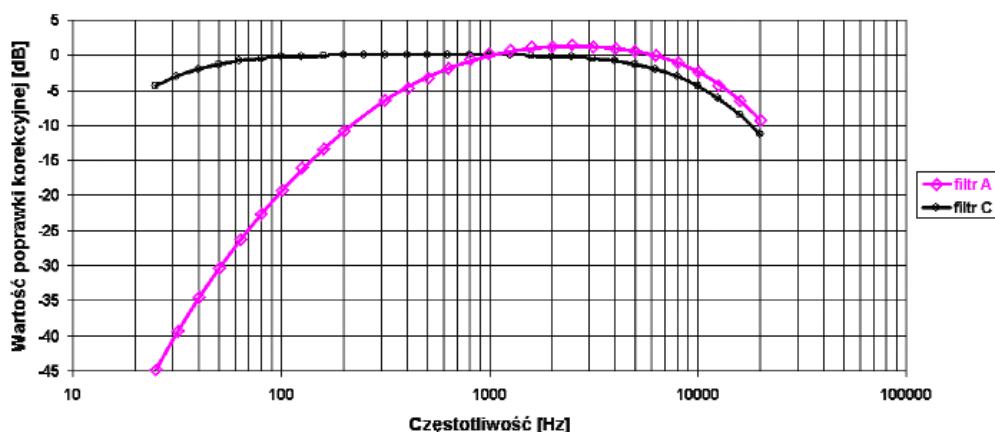
**Metoda bezpośrednia** polega na ciągłym pomiarze ekspozycji pracownika na hałas i odczycie wielkości bezpośrednio z mierników, np. dozymetru hałasu lub całkującego miernika poziomu dźwięku. Jest to łatwa metoda, niewymagająca wykonywania skomplikowanych obliczeń i może być wykorzystywana przez ekipy pomiarowe z niewielkim doświadczeniem bez ryzyka popełnienia znaczących błędów pomiarowych w przypadku hałasu nieustalonego. Wadą metody jest jej czasochłonność (pomiar dla jednego stanowiska pracy trwa całą zmianę roboczą lub dłużej).

**Metoda pośrednia** polega na pomiarze hałasu w czasie krótszym niż czas ekspozycji pracownika oraz zastosowaniu odpowiednich zależności matematycznych do wyznaczenia wielkości opisujących hałas na stanowiskach pracy.

W trakcie wykonywania pomiarów akustycznych należy pamiętać o zastosowaniu odpowiednich filtrów korekcyjnych:

- filtru A podczas pomiarów maksymalnego poziomu dźwięku A i podczas pomiarów pozwalających na określenie poziomu ekspozycji na hałas;
- filtru C podczas pomiarów szczytowego poziomu dźwięku C;
- filtru G podczas pomiaru hałasów infradźwiękowych.

Charakterystyki filtrów korekcyjnych A i C pokazane zostały na rysunku 4.



Rys. 4. Charakterystyki filtrów korekcyjnych A i C.

Kształt krzywej A odpowiada w przybliżeniu odwróconej „charakterystyce” ucha ludzkiego dla dźwięków o małych poziomach ciśnienia akustycznego – najlepiej człowiek odbiera dźwięki o częstotliwościach 2000–4000 Hz, znacznie gorzej dźwięki o częstotliwościach kilkudziesięciu lub kilkuset herców. Dla dźwięków o bardzo wysokich poziomach różnice te zaczynają się zacierać – obrazuje to kształt krzywej korekcyjnej C odpowiadający w przybliżeniu odwróconej „charakterystyce” ucha ludzkiego dla dźwięków o dużych poziomach ciśnienia akustycznego. Często w ramach pomiarów hałasu w środowisku

---

Laboratorium „Systemy kontrolno-pomiarowe”

**Ćw. Nr1 „Pomiar poziomu hałasu emitowanego podczas pracy urządzeń...”**

pracy wykonuje się również pomiary poziomu ciśnienia akustycznego lub poziomu dźwięku A w odpowiednich pasmach częstotliwości (oktawowych lub rzadziej tercjowych). Wyniki tych pomiarów są przydatne np. do doboru ochronników słuchu, wyboru metody ograniczania hałasu, przewidywania skuteczności proponowanych rozwiązań przeciwhałasowych itp.

Do wykonywania pomiarów używać będziemy całkujący miernik poziomu dźwięku SON-50 (rys.5). **Studenci są zobowiązani do zapoznania się z instrukcją obsługi tego przyrządu przed rozpoczęciem zajęć** (dołączana jest do instrukcji tego ćwiczenia). SON-50 umożliwia pomiar wielu wielkości akustycznych jednocześnie. Miernik mierzy też czas pomiaru, oraz kontroluje stan naładowania baterii. Możliwy jest pomiar wartości skutecznej, przy użyciu jednej z trzech charakterystyk korekcyjnych wbudowanych w przyrządzie: A, C, LIN lub dołączonego filtra zewnętrznego.



Rys. 5. Całkujący miernik poziomu dźwięku SON-50 - widok ogólny [7].

Przedstawię tylko niektóre oznaczenia wielkości mierzone za pomocą miernika SON-50 [7].

**UWAGA:** X – oznacza stałą czasową: S – SLOW lub F - FAST

**Wartość równoważna poziomu dźwięku:**

- ✓ LAeq - charakterystyka "A";
- ✓ LCEq - charakterystyka "C";
- ✓ LLeq - charakterystyka "LIN";
- ✓ Lfeq - filtry zewnętrzne;
- ✓ LGeq - zewnętrzny filtr "G".

**Chwilowa wartość skuteczna (SPL):**

- ✓ LAX - charakterystyka "A";
- ✓ LCX - charakterystyka "C";
- ✓ LLX - charakterystyka "LIN";
- ✓ LfX - zewnętrzne filtry oktawowe;
- ✓ LGX - zewnętrzny filtr "G".

**Maksymalna i minimalna wartość skuteczna od początku pomiaru:**

- ✓ LAXmx LAXmn - charakterystyka "A";
- ✓ LCXmx LCXmn - charakterystyka "C";
- ✓ LLXmx LLXmn - charakterystyka "LIN";

---

Laboratorium „Systemy kontrolno-pomiarowe”

Ćw. Nr1 „Pomiar poziomu hałasu emitowanego podczas pracy urządzeń...”

- ✓ LfXmx LfXmn - oktawowe filtry zewnętrzne;
- ✓ LGXmx LGXmn - zewnętrzny filtr "G".

**Maksymalna wartość szczytowa od początku pomiaru:**

- ✓ LCMPk - char. "C" detektora wartości szczytowej;
- ✓ LLMPk - charakterystyka "LIN";
- ✓ LfMPk - oktawowe filtry zewnętrzne - wartość szczytowa;
- ✓ LGMPk - zewnętrzny filtr "G" - wartość szczytowa.

**Maksymalna wartość szczytowa za okres 1 sekundy:**

- ✓ LCPk - char. "C" detektora wartości szczytowej;
- ✓ LLPk - charakterystyka "LIN";
- ✓ LfPk - oktawowe filtry zewnętrzne - wartość szczytowa;
- ✓ LGPk - zewnętrzny filtr "G" - wartość szczytowa.

**Poziomy ekspozycyjne:**

- ✓ LAE - (SEL) ekspozycyjny poziom dźwięku;
- ✓ LEX,T - poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8 godzinnego dnia pracy, jeśli czas ekspozycji T jest równy od 8 godzin, można go ustawić przed lub po pomiarze. Jeżeli jako charakterystykę korekcyjną wybrano „A” lub „C”, to w torze pomiarowym wartości szczytowej pomiar dokonywany jest z korekcją „C” - (LCPk, LCMPk). Jeśli wybrano charakterystykę korekcyjną „LIN” to wartości szczytowe mierzone są z korekcją LIN.

## 2. PRZEBIEG POMIARÓW

- a) Po wskazaniu, przez prowadzącego zajęcia, obiektu badań (pomiaru natężenia dźwięku) wyznaczają zgodnie z tabelą 2 – liczbę punktów pomiarowych oraz planują ich położenie w przestrzeni wokół obiektu (rys.3).
- b) Po ustawieniu odpowiednich parametrów pomiarowych przyrządu SON-50 ćwiczący przeprowadzają pomiary poziomu hałasu tła  $L_{pA}''$  (przy wyłączonej maszynie). Wyniki pomiarów wpisują do odpowiednio przygotowanej tabeli.
- c) Następnie przeprowadzają pomiary poziomu dźwięku A  $L_{pA}'$  (przy włączonej maszynie). Wyniki pomiarów wpisują do odpowiednio przygotowanej tabeli.
- d) Na podstawie wzorów 8 i 9 wyznaczają wartości  $K_{1A}$  i  $K_{2A}$ .
- e) Za pomocą wzoru 7 wyliczają powierzchniowy poziom dźwięku  $\overline{L_{pfA}}$  oraz poziom mocy akustycznej  $L_{WA}$  (wzór 6).



- f) W miejscach wskazanych przez prowadzącego ćwiczenie przeprowadzić pomiary ciśnienia akustycznego z użyciem filtra oktawowego. Wyniki pomiarów zapisywać w pamięci miernika SON-50 i po zakończeniu pomiarów zgrać do komputera za pomocą programu SON-50 MONITOR.

Tabela 4. Wyniki pomiarów

Wymiary urządzenia		$l=.....\text{ m}; b=.....\text{ m}; h=.....\text{ m}$
Liczba punktów pomiarowych		$N=.....$
Wymiary pomieszczenia		$L=.....\text{ m}; B=.....\text{ m}; H=.....\text{ m}$
Odległość mikrofonu od urządzenia		$x=.....\text{ m}$
Pole powierzchni pomiarowej		$S=.....\text{ m}^2$
Chłonność akustyczna pomieszczenia		$A_1=.....\text{ m}^2$
Nr punktu pomiarowego	poziomu hałasu tła $L''_{pA}$	poziomu hałasu urządzenia $L'_{pA}$
	dB	dB
1		
2		
3		
4		
5		
....		
Wartość średnia		
Deklarowany przez producenta poziom mocy akustycznej		$L_W=.....\text{ dB}$
Obliczony poziom mocy akustycznej		$L_{WA}=.....\text{ dB}$

***Sprawozdanie powinno zawierać:***

- wypełnione tabele pomiarowe podpisane przez prowadzącego;
- ocenę poziomu hałasu emitowanego przez badane urządzenie i porównanie wyników pomiaru z normami i tabelą 3;
- wykonaną za pomocą programu SON-50 MONITOR ilustrację graficzną pomiarów ciśnienia akustycznego za pomocą filtra oktawowego;
- analizę uzyskanych wyników pomiarów i obliczeń;
- wnioski.

## 5. PYTANIA I ZADANIA KONTROLNE

1. Wymień i opisz podstawowe parametry charakteryzujące źródło dźwięku.
2. Omów pomiar hałasu za pomocą miernika SON-50.
3. Omów wpływ hałasu na organizm ludzki.
4. Omów metody pomiaru hałasu.
5. Wymień czujnik służące do pomiaru hałasu i opisz budowę i zasadę działania jednego z nich.
6. Opisz budowę i zastosowanie filtra oktawowego.
7. Wymień i omów rodzaje charakterystyk filtrów korekcyjnych.
8. Opisz metodę techniczną wyznaczania poziomów ciśnienia akustycznego.
9. Procedury pomiaru hałasu w zakładach pracy.
10. Wymień i opisz klasy dokładności stosowane przy pomiarach hałasu.

## LITERATURA

1. Augustyńska D., Pleban D., Mikulski W.: „*Bezpieczeństwo pracy nauka i praktyka*” 2/2000, str. 7-13, Centralny Instytut Ochrony Pracy.
2. PN-EN ISO 11201:1999 *Akustyka – Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia – Pomiar poziomów ciśnienia akustycznego emisji na stanowisku pracy i w innych określonych miejscach metodą techniczną w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk* (EN-ISO 11201:1995).
3. PN-EN ISO 11202:1999 *Akustyka – Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia – Pomiar poziomów ciśnienia akustycznego emisji na stanowisku pracy i w innych określonych miejscach metodą orientacyjną w warunkach in situ* (EN-ISO 11202: 1995).
4. PN-EN ISO 11204:1999S *Akustyka – Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia – Pomiar poziomów ciśnienia akustycznego emisji na stanowiskach pracy i w innych określonych miejscach metodą wymagającą poprawek środowiskowych* (EN-ISO11204+AC: 1995).
5. *Hałas*. Warszawa, CIOP 2002. Seria: Bezpieczeństwo i Ochrona Człowieka w Środowisku Pracy, t. 8.
6. PN-N-01332:1984 *Hałas - Orientacyjna metoda określania poziomu*

---

Laboratorium „Systemy kontrolno-pomiarowe”

**Ćw. Nr1 „Pomiar poziomu hałasu emitowanego podczas pracy urządzeń...”**

*mocy akustycznej maszyn.*

7. Całkujący miernik poziomu dźwięku SON-50, Instrukcja obsługi.  
P.P.U.H. "SONOPAN" sp. z o.o., 15-950 Białystok, ul. Ciołkowskiego  
2/2 <http://www.sonopan.com.pl>

## **WYMAGANIA BHP**

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe. Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami stanowiskowymi wskazanymi przez prowadzącego.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad.

- ♦ Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- ♦ Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.
- ♦ Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- ♦ Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.
- ♦ Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska pod napięciem.
- ♦ Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.
- ♦ W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- ♦ Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.
- ♦ Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- ♦ W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.