
Hałas w środowisku pracy

Opracował: Janusz Jasiński

Dźwięk

Dźwięki to drgania cząstek powietrza (lub innego ośrodka sprężystego) względem położenia równowagi. Drgania te propagują się w powietrzu w postaci fal akustycznych, czyli następujących po sobie lokalnych zagęszczeń i rozrzedzeń cząstek powietrza.

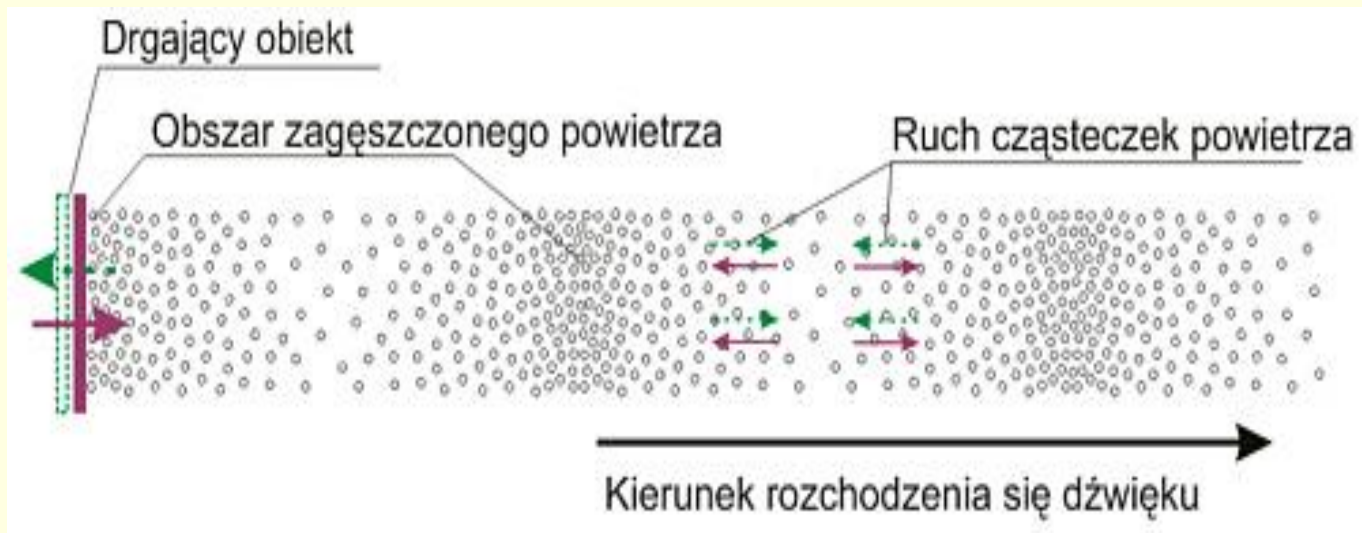
Dźwięk

Prędkość z jaką rozprzestrzeniają się drgania cząsteczek powietrza nazywana jest prędkością dźwięku.

W powietrzu, w temperaturze $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, prędkość rozchodzenia się dźwięku jest równa $340,3\text{ m/s} \approx 1225\text{ km/h}$.

Dźwięk

Zjawisko powstawania i rozprzestrzeniania się dźwięku



Częstotliwość

**Ucho ludzkie jest w stanie odbierać dźwięki o częstotliwościach od 20 Hz do 20 kHz (1kHz = 1000Hz).
Dźwięki takie nazywamy dźwiękami słyszalnymi.**

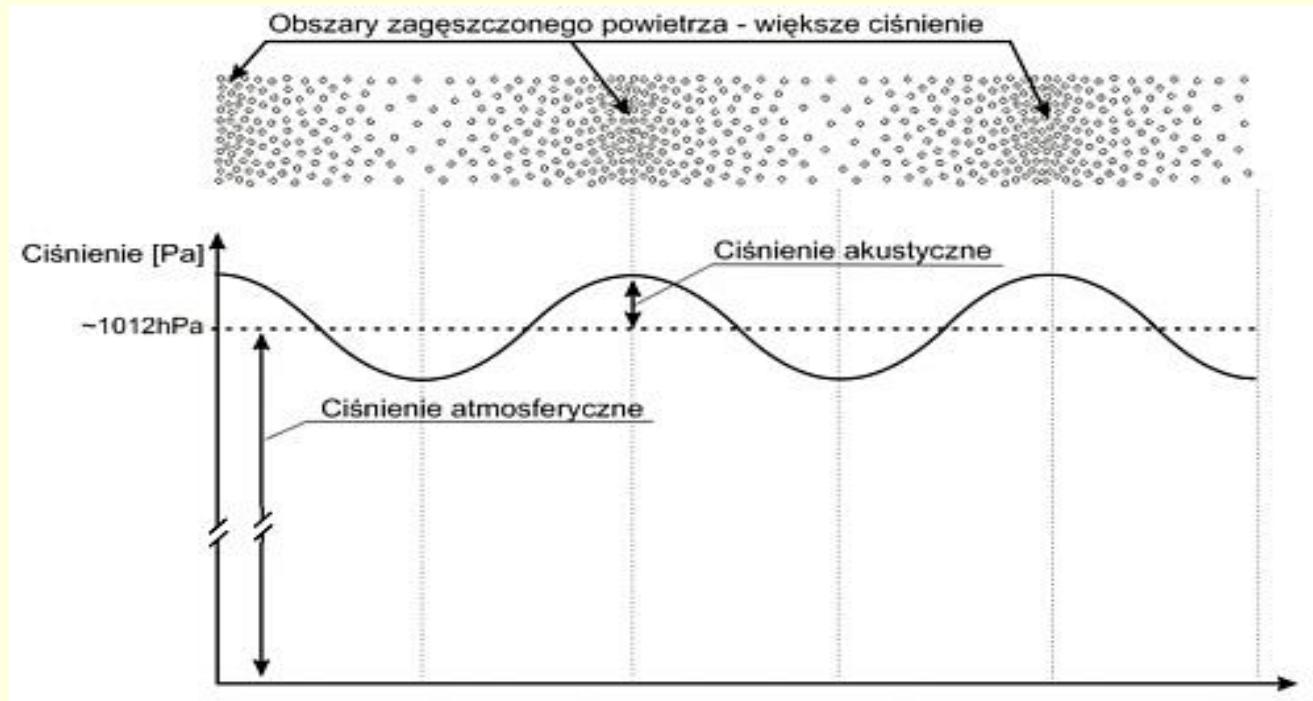
Częstotliwość

Używając pojęcia "hałas" mamy na myśli dźwięki słyszalne (obok pojęcia "hałas" funkcjonują również pojęcia "hałasu infradźwiękowego" i "hałasu ultradźwiękowego").

Częstotliwość



Ciśnienie akustyczne



Ciśnienie akustyczne

Najcichszy dźwięk, jaki jest w stanie usłyszeć człowiek o zdrowym słuchu wynosi około 0,000020 Pa czyli 20 μ Pa. Dźwięki powyżej 20 Pa wywołują już ból uszu.

Poziom ciśnienia akustycznego

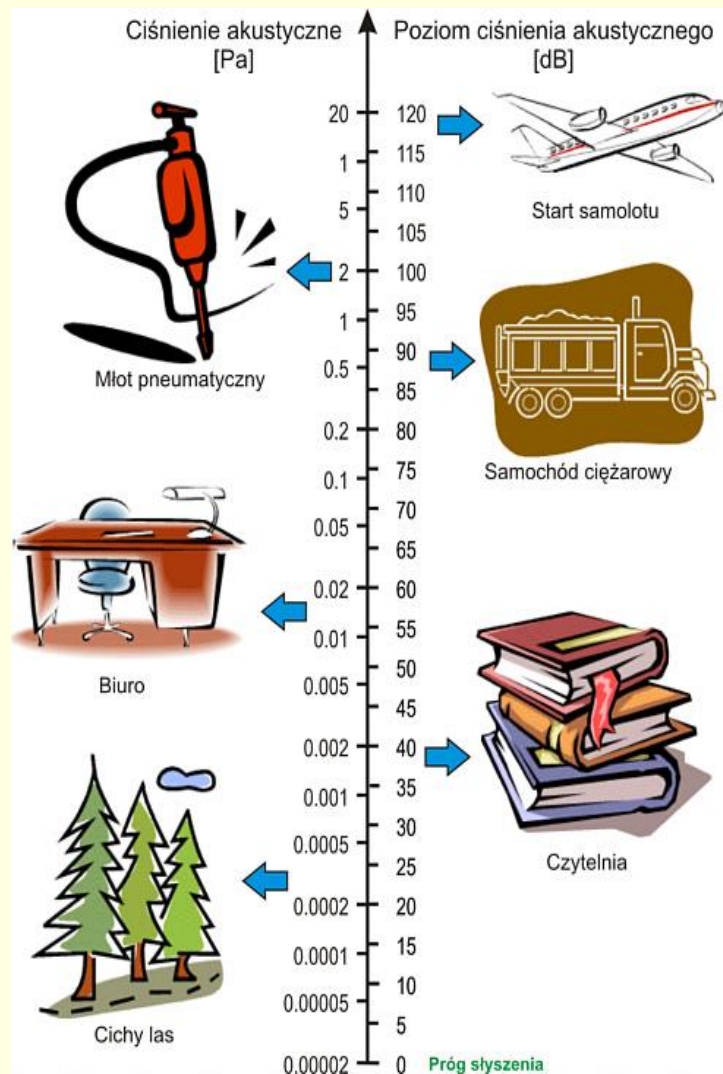
Poziom ciśnienia akustycznego dźwięku L , o ciśnieniu p wyznacza się na podstawie zależności:

$$L = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2}$$

gdzie p_0 jest ciśnieniem odniesienia.

Wartość ciśnienia odniesienia
przyjęto równą $20 \mu\text{Pa}$, czyli
ciśnieniu najsłabszych dźwięków,
jakie jest w stanie usłyszeć człowiek.

Przykładowe wartości ciśnienia akustycznego i odpowiadające im poziomy



Poziom ciśnienia akustycznego

W praktyce oznacza to,
że dźwięk o ciśnieniu $20 \mu\text{Pa}$ ma
poziom ciśnienia akustycznego
równy 0 dB , a np. dźwięk o ciśnieniu
 2 Pa ma poziom równy 100 dB

Poziom ciśnienia akustycznego

Poziom ciśnienia akustycznego dźwięku L (dB), o ciśnieniu p wyznacza się na podstawie zależności:

$$L = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2}$$

gdzie p_0 jest ciśnieniem odniesienia.

Przykład 1

$$P = 0,2 \text{ Pa};$$

$$P_0 = 0,00002 \text{ Pa}$$

$$\begin{aligned} L &= 10 \log 0,2^2 / 0,00002^2 = \\ &= 10 \log 0,04 / 0,0000000004 = \\ &= 10 \log 100000000 = 10 \times 8 = 80 \text{ dB} \end{aligned}$$

Skorygowane poziomy ciśnienia akustycznego - krzywe A i C

Ucho ludzkie reaguje w różny sposób na dźwięki o różnych częstotliwościach.

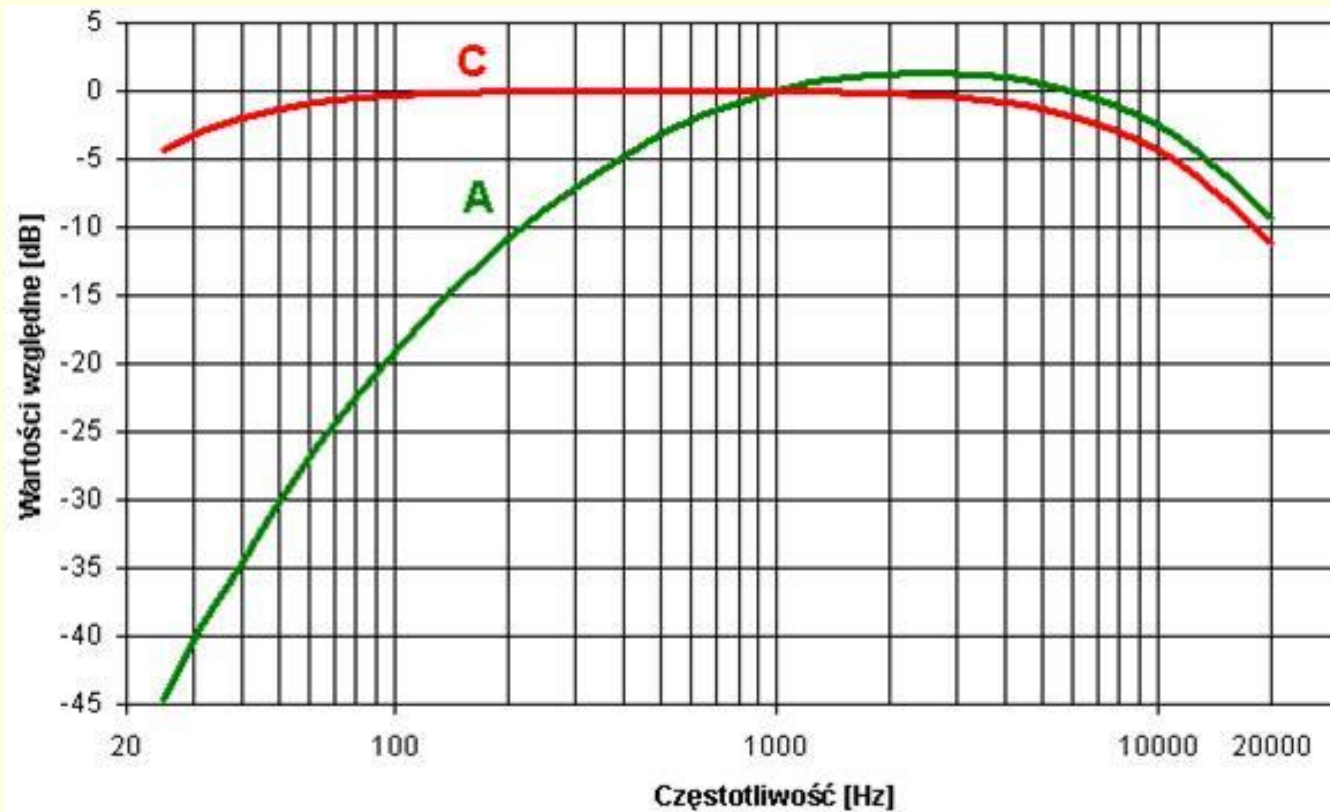
Przy niskich poziomach dźwięku
najlepiej odbieramy te
o częstotliwościach od 2 do 4 kHz.

Skorygowane poziomy ciśnienia akustycznego - krzywe A i C

Aby uwzględnić czułość ucha ludzkiego na dźwięki w zależności od ich częstotliwości i poziomu ciśnienia akustycznego wprowadzono krzywe korekcyjne.

Najczęściej stosowane są krzywe korekcyjne - A i C.

Skorygowane poziomy ciśnienia akustycznego - krzywe A i C



Skorygowane poziomy ciśnienia akustycznego - krzywe A i C

Poziom ciśnienia akustycznego skorygowany wg charakterystyki częstotliwościowej A nazywany jest poziomem dźwięku A, a poziom ciśnienia akustycznego skorygowany wg charakterystyki częstotliwościowej C - poziomem dźwięku C.

Równoważny poziom dźwięku A

Często zdarza się, że pracownik w ciągu zmiany roboczej wykonuje pracę na różnych maszynach, które generują hałasy o różnych poziomach ciśnienia akustycznego.

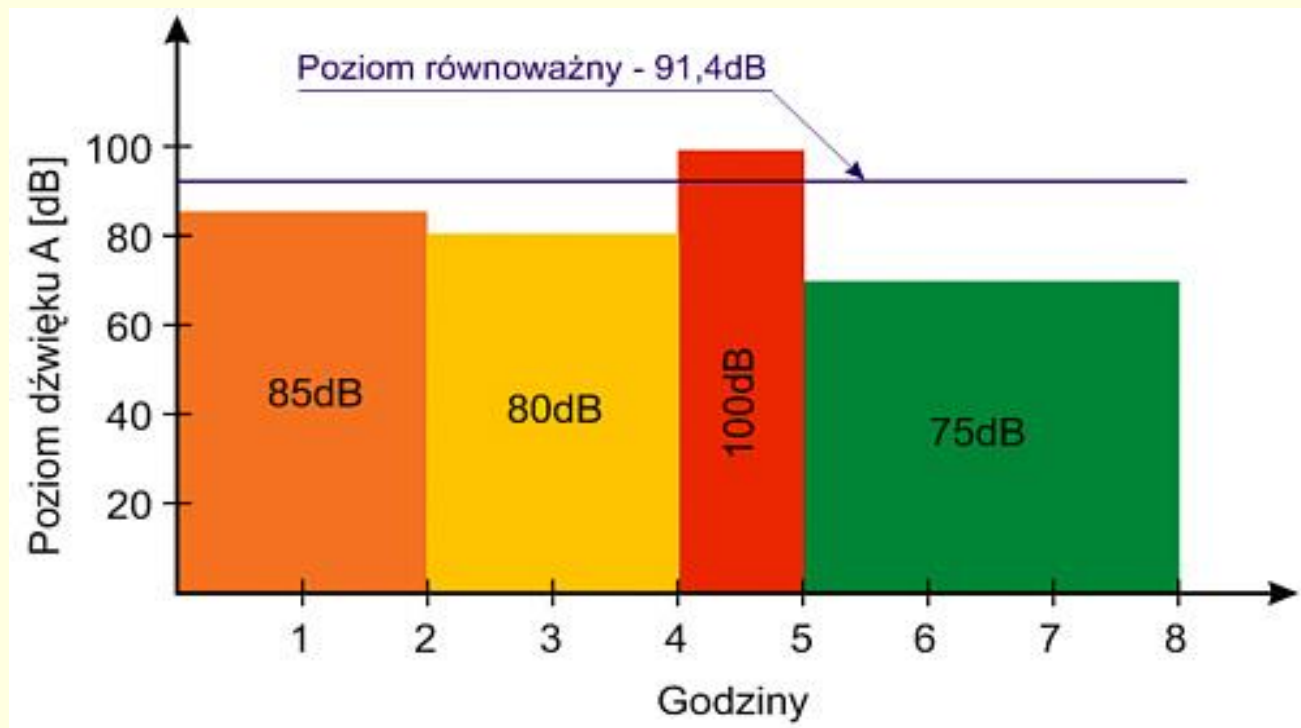
Równoważny poziom dźwięku A

Równoważny poziom dźwięku A jest to taki poziom dźwięku A, który działając przez taki sam czas, jak hałas o zmiennym poziomie ciśnienia akustycznego, niesie ze sobą taką samą energię i takie samo ryzyko uszkodzenia słuchu.

Równoważny poziom dźwięku A

Na rysunku przedstawiono przykład zmian poziomów dźwięku A hałasu w ciągu 8-godzinnego dnia pracy. Pracownik pierwsze dwie godziny pracował w hałasie o poziomie dźwięku A równym 85 dB, następne dwie godziny w hałasie o poziomie dźwięku A równym 80 dB, następnie godzinę w hałasie o poziomie dźwięku A równym 100 dB i trzy godziny w hałasie o poziomie dźwięku A równym 75 dB.

Zmiany poziomu dźwięku A hałasu w trakcie 8-godzinnej pracy i odpowiadający im równoważny poziom dźwięku A.



Dla hałasu nieustalonego, w którym występują wyraźnie rozróżnialne ustalone poziomy dźwięku A, poziom równoważny dźwięku A można obliczyć z zależności:

$$L_{Aeq, T_e} = 10 \lg \frac{1}{T_e} \sum_{i=1}^n \left(T_i \times 10^{0,1 L_{Aeq, T_i}} \right)$$

gdzie:

L_{Aeq, T_i} - równoważny poziom dźwięku A uśredniony w przedziale czasu T_i ,

n - całkowita liczba wyraźnie rozróżnialnych poziomów,

L_{Aeq, T_i}

Ekspozycja i poziom ekspozycji na hałas

Do oceny szkodliwego oddziaływania na organ słuchu zmieniającego się w czasie hałasu wprowadzono wielkość zwaną ekspozycją na hałas oraz odpowiadający jej i częściej stosowany w praktyce poziom ekspozycji na hałas.

Ekspozycja i poziom ekspozycji na hałas

Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$) lub tygodnia pracy ($L_{EX,w}$) definiowany jest jako równoważny poziom dźwięku A wyznaczony dla czasu ekspozycji na hałas równemu znormalizowanemu czasowi pracy i określony wzorem:

Ekspozycja i poziom ekspozycji na hałas

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \lg \frac{T_e}{T_0}$$
$$L_{EX,w} = 10 \lg \left[\frac{1}{5} \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{EX,8h})_i} \right]$$

gdzie:

$L_{Aeq,Te}$ - równoważny poziom dźwięku A wyznaczony dla czasu ekspozycji T_e ,

T_0 - czas odniesienia = 8h,

i - kolejny dzień roboczy w tygodniu,

n - liczba dni roboczych w tygodniu (może być różna od 5).

Przykład 2

Na stanowisku pracy - równoważny poziom dźwięku A jest równy 83,7 dB. Pracownik wykonuje pracę przez 30 min. Oblicz poziom ekspozycji na hałas.

$$L_{Aeq,Te} = 83,7 \text{ dB}$$

$$T_e = 30 \text{ min}$$

$$L_{EX \times 8H} = L_{Aeq,Te} + 10 \log Te/To$$

$$\begin{aligned} L_{EX \times 8H} &= 83,7 + 10 \log 30/480 = \\ &83,7 + 10 \log 0,0625 = \\ &83,7 + 10(-1,2) = \\ &83,7 - 12,0 = 71,7 \text{ dB} \end{aligned}$$

Ekspozycja i poziom ekspozycji na hałas

Odpowiednikiem poziomemu ekspozycji na hałas, odniesionego do dnia lub tygodnia pracy, jest tzw. dzienna lub tygodniowa ekspozycja na hałas $E_{A,Te}$ określana również jako "dawka hałasu" i wyrażana w $\text{Pa}^2_x \text{ s}$.

Ekspozycja i poziom ekspozycji na hałas

Poziom ekspozycji na hałas i dzienną ekspozycję na hałas wiąże następująca zależność:

$$E_{A,Td} = 1,15 \times 10^{-5} \times 10^{0,1 \times L_{EX,8h}}$$

Przykład 3

Oblicz ekspozycję dzienną na hałas, jeżeli poziom ekspozycji jest równy 85 dB.

$$L_{EX \times 8h} = 85,0 \text{ dB}$$

$$E_{A,Td} = 1,15 \times 10^{-5} \times 10^{0,1 \times L_{EX,8h}}$$

$$\begin{aligned} E_{A,Td} &= 1,15 \times 10^{-5} \times 10^{0,1 \times 85} = 1,15 \times 10^{-5} \times 10^{8,5} \\ &= 1,15 \times 10^{3,5} = 3640 \text{ Pa}^2\text{s} \end{aligned}$$

Przykład 4

Na stanowisku pracy - równoważny poziom dźwięku A, wyznaczony dla 8 godzinnego czasu ekspozycji jest równy 87,0 dB.

Oblicz czas narażenia pracownika na hałas, który nie spowoduje przekroczenia dopuszczalnych normatywów higienicznych.

$$L_{Aeq,Te} = 87,0 \text{ dB};$$

$$T_o - 480 \text{ min};$$

$$L_{EX \times 8H} = 85,0 \text{ dB}$$

Przykład 4

$$L_{EX \times 8H} = L_{Aeq,Te} + 10 \log Te/To$$

$$87,0 + 10 \log Te/To = 85,0$$

$$10 \log Te/To = 85,0 - 87,0 = -2 / :10$$

$$\log Te/To = -0,2$$

$$Te/To = 10^{-0,2}$$

$$T_e = 10^{-0,2} \times T_o = 10^{-0,2} \times 480 = 0,63 \times 480 = 303,0 \text{ min.}$$

ŚRODKI OCHRONY SŁUCHU

Środki ochrony słuchu są wymagane (obowiązkowe) przy pracach, gdzie poziom hałasu przekracza najwyższe dopuszczalne natężenie.

ŚRODKI OCHRONY SŁUCHU

Środki ochrony słuchu można podzielić na:

- ochronniki słuchu pasywne (jedyną ich funkcją jest redukcja hałasu),
- ochronniki słuchu niepasywne (ochronniki pasywne z dodatkowymi funkcjami).

ŚRODKI OCHRONY SŁUCHU

Charakterystyka tłumienia hałasu zależy od ich konstrukcji oraz materiałów, są wykonane - pochłaniających lub/i odbijających dźwięk.

Pasywne ochronniki słuchu nie są wyposażone w żadne dodatkowe urządzenia.

ŚRODKI OCHRONY SŁUCHU

Użytkowanie ochronników słuchu

Brak motywacji do stosowania ochronników słuchu wynika czasami z niedostatecznego szkolenia użytkownika lub niewłaściwego doboru ochronnika słuchu. Uczucie izolacji akustycznej może być odczuwane przy pierwszym noszeniu ochronnika słuchu.

ŚRODKI OCHRONY SŁUCHU

Jeśli ochronniki słuchu nie są stosowane przez cały czas narażenia na hałas, o skuteczności ochrony decyduje bardziej czas przebywania w hałasie bez ochrony, aniżeli ich właściwości ochronne.

Rodzaje prac, przy których wymagane jest stosowanie ochronników ochrony słuchu

- prace w warunkach, w których poziom hałasu przekracza próg działania [80,0 dB(A)].

W tym przypadku stosowanie środków ochrony słuchu jest zalecane i obowiązkiem pracodawcy jest ich dostarczanie.

Dobór ochronników słuchu

Podczas doboru ochronników słuchu należy zwrócić uwagę na czynniki takie jak:

- znak CE,
- wymagania dotyczące tłumienia dźwięku,
- komfort użytkowania,
- środowisko i zakres działania,
- zaburzenia zdrowia,
- współdziałanie z innymi środkami ochrony indywidualnej, takimi jak hełmy, okulary itp.

Dobór ochronników słuchu

Metody doboru ochronników słuchu oparte są na średnich wartościach tłumienia dźwięku, mierzonych zgodnie z Polskimi Normami.

Dobór ochronników słuchu

Doboru ochronników słuchu do wielkości charakteryzujących hałas na stanowisku pracy można dokonać metodą dokładną pasm oktawaowych lub metodami przybliżonymi.

Dobór ochronników słuchu

Metoda pasm oktawowych:

Wartość poziomu dźwięku A pod ochronnikiem słuchu wyznaczamy z zależności:

$$L'_A = L_A - S_A$$

gdzie:

- L_A poziom dźwięku A na stanowisku pracy w dB
- S_A tłumienność ochronnika w dB

Dobór ochronników słuchu

Metodą HML (*high middle low*) opierającą się na znajomości poziomów dźwięku C i A oraz na znajomości wartości parametrów ochronnych *H*, *M* i *L* ochronnika słuchu. Ich wartości określają odpowiednio, o ile obniży się poziom dźwięku A przy błonie bębenkowej ucha po zastosowaniu ochronnika.

Dobór ochronników słuchu

Metodą SNR (*single number rating*) - wskaźnika jednoliczbowej oceny właściwości ochronnych, która jest oparta na znajomości wartości parametru SNR ochronnika oraz zmierzonych wartości poziomu dźwięku C na stanowisku pracy.

Dobór ochronników słuchu

Odejmując od zmierzonych wartości poziomu dźwięku C wartość SNR, otrzymujemy w przybliżeniu poziom dźwięku A pod ochronnikiem słuchu.

Dobór ochronników słuchu

Ocena tłumienia ochronników słuch wg
PN-EN 458: :2006

(L' – wyliczony poziom hałasu pod ochronnikiem)

- $L \geq 85$ niewystarczające
- $85 \text{ dB} > L' > 80 \text{ dB}$ - akceptowalne
- $80 \text{ dB} \geq L' \geq 75 \text{ dB}$ - optymalne (dobre)
- $75 \text{ dB} > L' > 70 \text{ dB}$ - akceptowalne
- $70 \text{ dB} \geq L'$ - za wysokie (nadmierna skuteczność)

Dz.U. 2005 Nr 157, poz.1318

Pracodawca oznacza znakami bezpieczeństwa miejsca pracy, w których wielkości charakteryzujące hałas w środowisku pracy przekraczają wartości NDN, oraz wydziela strefy z takimi miejscami i ogranicza do nich dostęp, jeżeli jest to technicznie wykonalne i ryzyko wynikające z narażenia na hałas uzasadnia takie wydzielenie.

Dz.U. 2005 Nr 157, poz.1318

ZAŁĄCZNIK

**WARTOŚCI PROGÓW DZIAŁANIA DLA
WIELKOŚCI CHARAKTERYZUJĄCYCH
HAŁAS I DRGANIA MECHANICZNE
W ŚRODOWISKU PRACY**

Dz.U. 2005 Nr 157, poz.1318

1. W przypadku hałasu:
 - 1) dla poziomu ekspozycji na hałas odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy lub poziomu ekspozycji na hałas odniesionego do tygodnia pracy - wartość progu działania wynosi 80 dB,

Dz.U. 2005 Nr 157, poz.1318

2) dla szczytowego poziomego dźwięku C - jako wartość progu działania przyjmuje się wartość NDN wynoszącą 135 dB.

Dziękuję