

**Natalia PAWLAS**

IV LO im. Stanisława Staszica w Sosnowcu

### *Hałas w hałach fabrycznych*

**Streszczenie.** Hałas w hałach fabrycznych jest istotnym zagadnieniem przy badaniu wpływu cywilizacji na zdrowie człowieka i środowisko. Praca opisuje mechanizm słyszenia dźwięków przez człowieka oraz oddziaływanie hałasu na jego organizm. Przedstawione są metody pomiaru i kryteria oceny hałasu, a także sposoby walki z nadmierną ilością decybeli w otoczeniu.

## **1. Narząd słuchu i proces słyszenia**

### *1. 1. Odbiór dźwięków*

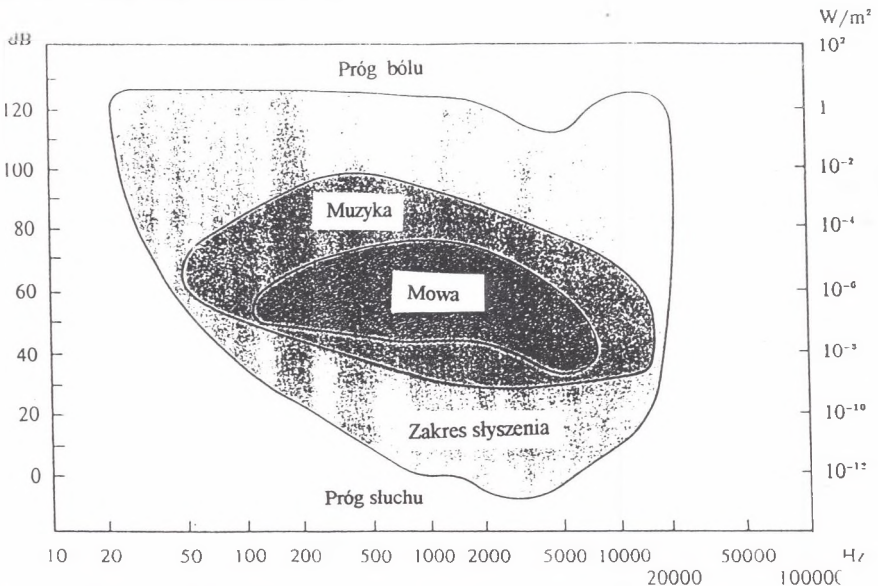
Małżowina uszna kieruje dźwięki do przewodu słuchowego zewnętrznego. Fala akustyczna dociera do błony bębenkowej i wprawia ją w drgania, które są następnie przenoszone przez kosteczki słuchowe na okienko przedsionka. Powierzchnia błony bębenkowej jest 22 razy większa od podstawy strzemiączka, dzięki temu energia fal akustycznych odebranych przez większą powierzchnię błony bębenkowej ulega wzmocnieniu na małej podstawie strzemiączka. Okienko owalne wprawia w ruch endolimfę na schodach przedsionka, następnie drgania są przenoszone na schody bębenka, co prowadzi do odkształcenia błony podstawowej i pobudzenia komórek rzęsatych narządu Cortiego. Komórki te polaryzują się i depolaryzują, co powoduje przekazywanie neuronom bodźców nerwowych w postaci impulsów elektrycznych.

Neurony łączą się w nerw słuchowy przekazując impulsy elektryczne dalej do słuchowych ośrodków korowych, gdzie są analizowane pod względem natężenia, a także informacji zawartych w nich ( w ośrodku pamięciowym słuchu).

Ośrodek słuchu mieści się w płacie skroniowym mózgu. Dopiero w mózgu powstaje świadome wrażenie słuchowe odebranego dźwięku.

Wrażenie słuchowe powstaje wtedy, gdy dźwięki posiadają pewną minimalną energię i odpowiedni zakres częstotliwości - wartości progowe, np dźwięk o częstotliwości 1000 Hz musi mieć natężenie  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ , by wywołać progowe wrażenie słuchowe. Dźwięk ten jest przyjęty w akustyce za dźwięk referencyjny. Ucho ludzkie odbiera dźwięki o częstotliwości 16-20 000 Hz. Dźwięki o częstotliwości innej nie są przez człowieka słyszane. Drgania o częstotliwości mniejszej od 16 Hz nazywają się infradźwiękami. Drgania o częstotliwości większej niż 20 000 Hz nazywają się ultradźwiękami.

Czułość słuchu dla każdej częstotliwości jest inna. Mała dla fal o częstotliwości niskiej i wysokiej, duża dla zakresu średniowysokich (2 - 5 kHz ) częstotliwości. Wykres przedstawiający wyniki pomiaru natężenia dźwięku wywołujące wrażenia słuchowe dla kolejnych częstotliwości w pełnym zakresie słyszalnym nazywamy krzywą progową. Na rys. 1 przedstawiona jest krzywa progowa słuchu. Gdy natężenie dźwięku osiągnie zbyt wysokie natężenie, wtedy odczuwa się ból. Natężenie dźwięku w zależności od częstotliwości wywołujące ból tworzy krzywą progę bólu.



Rys. 1. Próg słuchu i próg bólu człowieka oraz zakres dźwięków muzyki i mowy

Zakres natężeń dźwięków odbieranych przez ludzkie ucho jest ogromny. Najmniejsze natężenie dźwięku zdolne do wywołania wrażenia słuchowego wynosi  $0^{-12} \text{ W/m}^2$ , podczas gdy górna granica słyszalności natężenia dźwięków określana progiem bólu wynosi  $10 \text{ W/m}^2$ . Różnica wielkości natężenia wynosi 12 rzędów.

### 1. 2. Skala decybelowa

Tabela 1

Moc dźwięku i odpowiadające im poziomy  
mocy źródeł dźwięku w środowisku człowieka

Moc [W]	Poziom mocy [dB]	Przykłady źródeł dźwięku
100 000 000	200	rakieta : "Saturn"
1 000 000	180	
10 000	160	samolot Jumbo Jet
100	140	
10	130	granica bólu,
1	120	młot pneumatyczny
0 01	100	duża orkiestra
0 001	80	bardzo głośna mowa
0 000 001	60	zwykła mowa
0 000 000 01	40	
0 000 000 000 1	20	szept
0 000 000 000 001	0	próg słyszenia

Dźwięki spotykane w praktyce pomiarowej charakteryzują się bardzo szerokim zakresem zmian parametrów takich jak ciśnienie akustyczne czy odpowiadające im wielkości moc lub natężenie dźwięku. W tabelicy zestawiono przykładowe wartości mocy akustycznej odpowiadające kilkunastu źródłom dźwięku. Ciśnienia akustyczne wytwarzane przez wymienione źródła mieszczą się w zakresie:

$$p = 2 \cdot 10^{-5} \div 10^2 \text{ Pa}$$

moc akustyczna

$$P = 10^{-12} \div 10^8 \text{ W}$$

Podobnym zakresem zmian charakteryzuje się natężenie dźwięków. W tabeli nr 1 przedstawiono przykłady mocy i odpowiadające im poziomy mocy źródeł dźwięku, z którymi styka się człowiek.

W celu uniknięcia operowania tak dużymi liczbami wprowadzono do akustyki logarytmiczną skalę pomiarową. W miejsce miar bezwzględnych wprowadzono względną miarę natężenia tzw. poziom natężenia dźwięku. Natężenie dowolnego dźwięku jest odnoszone do wielkości odniesienia  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ , która stanowi natężenie progu słyszalności dźwięku o częstotliwości 1000 Hz.

Można to przedstawić wzorem :

$$L_{dB} = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB}$$

Dźwięk 10 razy silniejszy od wzorcowego ma poziom natężenia wynoszący 10 dB, ale dźwięk 100 razy silniejszy ma poziom wynoszący 20 dB, 1000 razy silniejszy - 30 dB itd.

## 2. Wpływ hałasu na człowieka

### 2.1. Wpływ hałasu na człowieka

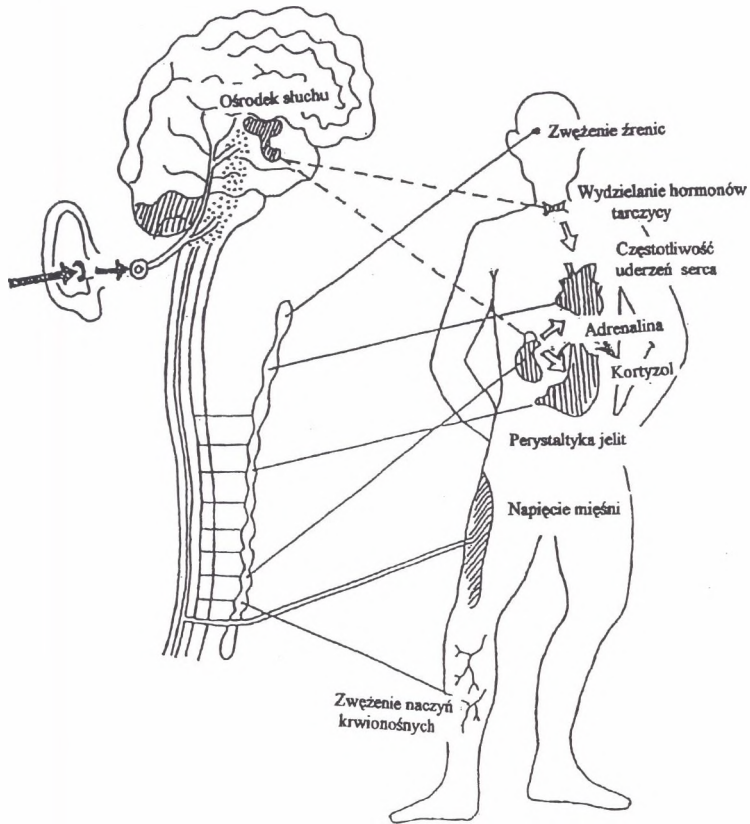
Hałas jest jednym z czynników środowiska otaczającego człowieka stanowiących zagrożenie dla jego zdrowia, a nawet życia oraz utrudniającym lub uniemożliwiającym mu wykonywanie pracy.

Hałas w środowisku pracy jest przyczyną zawodowego uszkodzenia słuchu, wpływa szkodliwie na cały organizm człowieka, zwiększa prawdopodobieństwo wypadków oraz pomniejsza efektywność pracy ludzkiej. Zawodowe uszkodzenie słuchu zajmuje od lat czołowe miejsce na liście chorób zawodowych.

Problem wpływu hałasu na człowieka jest jednak bardziej złożony, dotyczy bowiem człowieka jako organizmu biologicznego, a także wszelkich przejawów jego życia. W tym sensie zainteresowanie budzi oddziaływanie hałasu na stan zdrowia, na funkcje poszczególnych narządów i układów, a zwłaszcza jego wpływ na narząd słuchu. Nie mniejsze znaczenie mają skutki wpływu hałasu na sprawność umysłową człowieka, w tym także na efektywność i jakość jego pracy oraz możliwość wypoczynku, nauki i snu w miejscu zamieszkania.

Rozpatrując zagadnienie wpływu hałasu na człowieka w miejscu pracy, rozważa się przede wszystkim problem zmian wywołanych hałasem w obrębie narządu słuchu.

Na rys. 2 pokazano drogę dźwięku od ucha do ośrodków słuchowych w mózgu oraz reakcje organizmu wywołane ekspozycją na hałas. W tabeli 2 przedstawiono progi reakcji człowieka na hałas.



Rys. 2. Reakcje organizmu człowieka na ekspozycję na hałas

## 2. 2. Wpływ hałasu na narząd słuchu

Narząd słuchu człowieka jest ewolucyjnie przystosowany do odbioru fal dźwiękowych o częstotliwości od 16 do 20 000 Hz i ciśnieniu akustycznym zawartym w przedziale od  $10^{-5}$  do 10 Pa, co odpowiada poziomowi ciśnienia w przedziale 0 - 120 dB.

Optymalny zakres parametrów fal jest nieco węższy, ponieważ słuch funkcjonuje najsprawniej odbierając bodźce ośrodkich poziomach ciśnienia akustycznego w 6 środkowych oktawach pasma częstotliwości. W tym zakresie słuch ma dużą zdolność różnicowania wysokości barwy i głośności dźwięku, nie ulega zmęczeniu i może być nieprzerwanie czynny.

Gdy natężenie bodźców słuchowych, ich liczba i częstość działania są duże, a czas oddziaływania długi, dochodzi do reakcji wykraczających poza zakres fizjologiczny, rozwija się stan przeciążenia odwracalnego, potem nieodwracalnego, słuch traci swoją sprawność i następuje głuchota.

Najczęstszą przyczyną przeciążenia słuchu jest narażenie na hałas w środowisku zawodowym.

Tabela 2

Wartości progowe reakcji na ekspozycję na hałas

Próg bólu	130 dB
Próg szkodliwości dla słuchu	80 dB
Próg zaburzeń rozmów	55 dB
Próg zaburzeń snu	30 dB
Próg słuchu	0 dB

Szkodliwość hałasu dla narządu słuchu warunkują następujące cechy i okoliczności narażenia:

1. Poziom natężenia hałasu powyżej 75 - 80 dB. Im poziom natężenia jest wyższy, tym większe stanowi obciążenie dla słuchu. Bodźce słabsze nie uszkadzają narządu nawet po długotrwałym działaniu. Skrajnie wysokie poziomy natężenia, tzw. poziomy niszczące przekraczające 130 dB mogą spowodować upośledzenie słuchu po jednorazowym, krótkotrwałym działaniu.
2. Hałas z przewagą częstotliwości średnich i wysokich. Skupienie maksimum energii w paśmie niskich częstotliwości jest dla słuchu bezpieczne.



3. Długi czas działania hałasu. Według aktualnych poglądów skutki w narządzie słuchu są zależne od wielkości energii akustycznej (dawki hałasu).
4. Ekspozycje na hałas powtarzające się regularnie i przerywane tylko krótkimi przerwami. Im częściej występuje ekspozycja, tym większa jest szkodliwość hałasu o danym poziomie natężenia.
5. Bardzo szkodliwy jest hałas impulsowy, który charakteryzuje się tak szybkim narastaniem ciśnienia akustycznego do dużych wartości, że mechanizmy obronne narządu słuchu jako zbyt bezwładne nie zmniejszają skuteczności transmisji energii akustycznej do ucha wewnętrznego.

Wysoki poziom natężenia jest dla szkodliwości hałasu cechą konieczną, ale nie wystarczającą, nie dochodzi bowiem do uszkodzenia słuchu, gdy czas oddziaływania jest krótki (pomijając poziomy niszczące). Uszkodzenia słuchu są wynikiem nadmiernych ekspozycji, których wielkość w równym stopniu określają poziom natężenia i czas oddziaływania hałasu.

Zmiany słuchu wywołane przez hałas w określonych warunkach narażenia są także zależne od indywidualnej podatności na wpływ czynnika. Zróżnicowanie podatności ma swoją przyczynę zarówno w czynnikach dziedzicznych, jak i w cechach nabytych w ciągu życia osobniczego (np. przebyte choroby infekcyjne lub narządu słuchu).

Narząd słuchu przystosowany jest do odbioru fal dźwiękowych nieprzerwanie i bez zmęczenia, ale tylko dla bodźców, dla których jest ewolucyjnie przystosowany, tzn. z naturalnego środowiska człowieka. W przypadku dźwięków przewyższających zakres fizjologiczny trwających niezbyt długo posiada mechanizmy obronne zabezpieczające go przed przeciążeniem, co przedstawiono omawiając funkcję ucha środkowego.

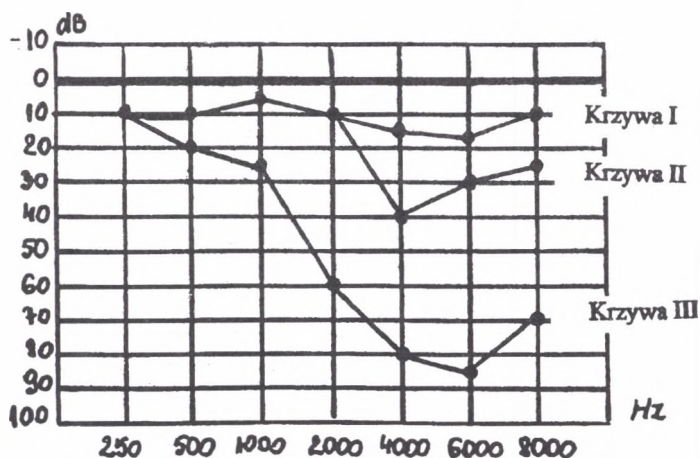
W warunkach ekspozycji na hałas wydolność mechanizmów obronnych ucha jest ograniczona, może dojść do przeciążenia receptora słuchu. Komórki rzęsate narządu Cortiego ulegają stopniowemu uszkodzeniu i w ostateczności zanikają. Skutkiem tego dochodzi do spadku sprawności słuchu najpierw odwracalnego (czasowego) potem nieodwracalnego (trwałego). Próg słuchu podnosi się, rosną ubytki stwierdzone audiometrycznie i pojawia się niedosłuch mniejszego lub większego stopnia. Trwałe ubytki słuchu są wynikiem powtarzających się latami codziennych ekspozycji na hałas przekraczający poziomy fizjologiczne. Są nieodwracalne.

Pierwsze, a potem największe ubytki słuchu pojawiają się na częstotliwości 4 kHz. Pojawienie się i rozwój ubytków słuchu zależy z jednej strony od poziomu ekspozycji na hałas, a z drugiej od czasu trwania narażenia. Im dłużej trwa narażenie na hałas, tym ubytki słuchu są większe. Pogłębiające się ubytki obejmują coraz szersze pasmo częstotliwości. Wielkość ubytków słuchu jest zatem zależna od dawki hałasu, gdyż dawka hałasu jest funkcją poziomu i czasu narażenia na hałas.

Większym odchyleniem progu od stanu prawidłowego towarzyszy upośledzenie sprawności słuchu, objawiające się utratą lub poważniejszym ograniczeniem możliwości prowadzenia rozmów w normalnym życiu codziennym i na stanowisku pracy. Utrata lub ograniczenie możliwości utrzymywania słownego kontaktu z własnym środowiskiem jest z punktu widzenia pracownika najbardziej przykrą konsekwencją rozwoju trwałego uszkodzenia słuchu. Poza tym, jest ono często przyczyną utraty zawodu i możliwości zarobkowania.

Gdy ubytki słuchu osiągną pewną ustaloną przepisami wartość, stanowią podstawę do uznania uszkodzenia jako choroby zawodowej.

Na rys. 3 pokazano typowe wykresy audiometryczne (audiogramy) przedstawiające rozwój uszkodzenia słuchu hałasem. Krzywa I jest typowa dla osoby z normalnym słuchem, rozpoczynającej pracę w hałasie. Krzywa II wykazuje wczesne stadium uszkodzenia słuchu



Rys. 3. Krzywe audiometryczne przedstawiające etapy rozwoju urazu akustycznego



wywołanego ekspozycją na hałas - największe ubytki słuchu na częstotliwości 4 kHz. Krzywa III przedstawia takie uszkodzenie słuchu, wywołane ekspozycją na hałas, które można zakwalifikować jako przypadek choroby zawodowej - zawodowego uszkodzenia słuchu.

### 2. 3. Pozasłuchowe skutki hałasu

Oddziaływanie hałasu na pracowników przemysłu jest bardzo różnorodne. Każdy bodziec akustyczny słyszalny przez nasz organizm doprowadza do powstania wrażenia słuchowego w ośrodkach słuchowych w mózgu. Przeniesienie bodźca od narządu Cortiego do ośrodków słuchowych kory mózgowej zapewnia wielocłonowa i wielotorowa nerwowa droga słuchowa.

Anatomiczne połączenia drogi słuchowej umożliwiają bodźcom słuchowym oddziaływanie na stan i funkcję narządów wewnętrznych oraz na aktywność układu gruczołów o wydzielaniu dokrewnym, wywołując reakcje układu oddechowego, układu krążenia, przewodu pokarmowego i wielu innych narządów.

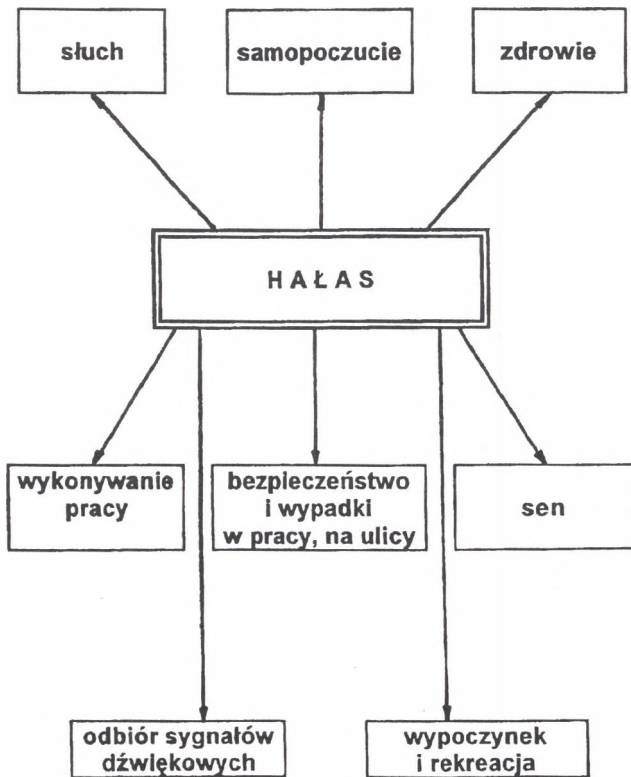
Przykładem fizjologicznych reakcji pozasłuchowych mogą być też odruchy motoryczne wyzwalane sygnałami akustycznymi. Najważniejsze z nich polegają na skurczu mięśni szyi, głowy i oczu, które skierowują głowę i wzrok ku źródłu dźwięku. Występuje on już pod wpływem słabych sygnałów akustycznych.

Pod wpływem nagłego sygnału o dużych natężeniach, np. w czasie ekspozycji lub wystrzału, dochodzi do skurczu mięśni zmieniających nawet postawę ciała - jako objaw lęku.

Te same bodźce, które wywołują odruchowe skurcze mięśni, są również przyczyną reakcji w innych układach organizmu. Pod wpływem krótkotrwałych sygnałów dźwiękowych o poziomach przekraczających 75 dB zmienia się oporność elektryczna skóry jako wyraz pobudzenia systemu nerwowego, zmienia się rytm oddechowy (oddechy stają się głębsze i wolniejsze), pojawia się reakcja układu krążenia wyrażająca się przede wszystkim skurczem obwodowych naczyń krwionośnych i wzrostem oporów krążenia oraz w mniejszym stopniu zmianami ciśnienia krwi i częstości skurczów serca. Równocześnie zmienia się intensywność perystaltyki jelit i żołądka. Stwierdzono, że wzrost poziomu natężenia bodźca dźwiękowego zmniejsza częstość perystaltyki jelit, a obniżenie poziomu bodźca wywołuje skutek przeciwny. Zmienia się też funkcja wydzielnicza żołądka.

Bardzo liczne są obserwacje reakcji układu gruczołowy o wydzielaniu dokrewnym, przemiany materii oraz biochemizmu krwi, tkanek i narządów.

Interesujące są również wyniki badań wpływu silnych bodźców akustycznych na funkcje innych narządów zmysłów. Wykazano, że hałas o poziomie około 120 dB zmniejsza prędkość ruchu gałek ocznych. Pod wpływem hałasu o poziomie 11-125 dB stwierdzono zwężenie pola widzenia oraz zmiany percepcji kolorów. Zarówno w doświadczeniach laboratoryjnych, jak i obserwacjach pracowników przemysłu zauważono pojawienie się oczopląsu i zawrotów głowy, jeśli poziom hałasu sięgał powyżej 130 dB.



Rys. 4. Funkcje człowieka zaburzane przez hałas

U osób z wieloletnim narażeniem na hałas stwierdza się również zaburzenia zmysłu dotyku, a w niektórych przypadkach osłabienie czucia bólu.

Badania wykazują także, że narażeni na silny hałas zapadają częściej na schorzenia układu krążenia i górnych dróg oddechowych i częściej mają problemy z narządem równowagi, chorobą nadciśnieniową, chorobą wrzodową żołądka.

Hałas ma także wpływ na wydajność pracy i wzrost wypadków. Poniżej przedstawiono, jakie funkcje człowieka może zaburzyć hałas.

### 3. Pomiary i ocena hałasu

#### 3. 1. *Pomiary hałasu*

Przedstawione wyżej skutki oddziaływania hałasu na człowieka wskazują na potrzebę stosowania kontroli warunków akustycznych środowiska pracy. Wielkość ubytków słuchu jest funkcją tej dawki hałasu, a dawka jest zależna od poziomu i od czasu narażenia na hałas.

Punktem wyjścia do kontroli środowiska są pomiary hałasu. Mają one określić parametry akustyczne środowiska pracy, zlokalizować źródła hałasu szczególnie zbędne, ocenić uciążliwość i szkodliwość hałasu działającego na pracowników oraz umożliwić ocenę efektów działań podjętych w celu ograniczenia hałasu.

#### 3. 2. *Wielkości stosowane w pomiarach hałasu*

**Poziom natężenia dźwięku  $L_{dB}$**  - jest względną miarą natężenia dźwięku wyrażaną w dB.

Jest określony wzorem 
$$L_{dB} = 10 \log \frac{I}{I_0} dB,$$

gdzie  $I_0 = 0^{-12} W/m^2$

**Poziom ciśnienia akustycznego w dB** 
$$L_{dB} = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right)^2$$

gdzie  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} Pa$  jest ciśnieniem odniesienia.

**Skorygowany poziom dźwięku hałasu** ( krzywe korekcyjne) jest wprowadzony dlatego, że ucho ludzkie nie jest jednakowo wrażliwe na różne częstotliwości. Krzywe izofoniczne podzielono na trzy grupy i grupy te oznaczono jako A, B i C, a później dodano jeszcze inne, z których najważniejszą jest krzywa D - dla hałasów lotniczych. Badania reakcji narządu słuchu na oddziaływanie hałasu, zwłaszcza przemysłowego, wykazały, że najlepszą miarą reakcji jest poziom dźwięku wyznaczany według charakterystyki A i wyrażany wówczas w dB (A). Obecnie z pozostałych krzywych korekcyjnych stosuje się krzywą C w przypadku doboru ochron słuchu (poziom dźwięku jest wyznaczany w dB C) i oceny poziomów szczytowych hałasu oraz krzywą D (poziom dźwięku jest wyznaczany w dB D) w przypadku oceny hałasów lotniczych, pozostałe krzywe nie są już stosowane.

**Poziom równoważny hałasu (ekwiwalentny)** jest określany jako średnia wartość poziomu dźwięku zmiennego w czasie, odpowiadającego reakcji narządu słuchu narażonego na działanie hałasu o stałym poziomie w równoważnym czasie. Poziom równoważny jest zdefiniowany wzorem:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int \left( \frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt$$

gdzie: T - czas przeprowadzania pomiaru

p(t) - chwilowa wartość ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką A

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \quad I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

lub obliczany według wzoru: 
$$L_{eq} = 10 \log \left( \frac{1}{480} \sum_i t_i 10^{0,1 L_i} \right)$$

gdzie:  $t_i$  - czas działania hałasu o poziomie  $L_i$

$L_i$  - poziom dźwięku w przedziale czasu  $t_i$

**Wartość szczytowa poziomu dźwięku** - jest wartością maksymalną poziomu dźwięku jaką mierzony parametr osiąga w czasie obserwacji.

**Maksymalny poziom dźwięku** - maksymalna wartość skuteczna poziomu dźwięku występująca w czasie obserwacji.

**Ekspozycja na hałas** (dawka hałasu) - jest określona wzorem: 
$$E_{A,T} = \int_0^T p_A^2(t) dt$$

gdzie p(t) - chwilowa wartość ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką A

T - czas ekspozycji na hałas.

**Widmo hałasu**, czyli skład częstotliwościowy hałasu, może być wyznaczony np. w pasmach oktawowych dla hałasu infradźwiękowego, tercjowych dla hałasu ultradźwiękowego lub innych w zależności od celu pomiarów.

Również w zależności od celów pomiarów można określać wiele innych wielkości, np. takie jak poziom mocy akustycznej, współczynniki szczytu itd. Wymagane wielkości są określane normami.

Od celów pomiarów zależy także dobór aparatury. Do pomiarów hałasu stosuje się różnego typu sonometry (mierniki poziomu dźwięku) i dozymetry hałasu, a w celach specjalnych bardziej złożone zestawy pomiarowe składające się ze specjalnych mierników i analizatorów dźwięku.

Aparatura do pomiarów hałasu może być technicznie różnie rozwiązana co do precyzji pomiarów, ilości i złożoności zadań wykonywanych, oraz wyznaczanych parametrów akustycznych hałasu w zależności od wykonywanych pomiarów. Mimo różnic między przyrządami, można wyróżnić pewne stałe podstawowe elementy podstawowych układów pomiarowych: mikrofon, miernik (sonometr, dozymetr), filtry ważenia (A, C, Lin, D).

Zadaniem mikrofonu pomiarowego jest przetworzenie sygnału akustycznego na proporcjonalny sygnał elektryczny. Przetwarzany sygnał elektryczny musi oddać wiernie i niezawodnie parametry sygnału akustycznego.

Zadaniem mierników jest taka obróbka sygnału, by móc zmierzyć takie cechy dźwięku, jak poziom dźwięku, równoważny poziom dźwięku, wartości szczytowe poziomu dźwięku i inne wymagane cechy.

Zadaniem filtrów jest wyselekcjonowanie odpowiedniego pasma dźwięku, np. oktaw, tercji, niskich, środkowych czy wysokich pasm częstotliwości czy innych zadanych szerokości pasma. Szczególnym przypadkiem filtrów są filtry ważenia według charakterystyk A, B, C i D.

Filtry A, B, C zostały pomyślane tak, aby dorównać krzywom reakcji ucha odpowiednio do niskiej, średniej i wysokiej głośności dźwięku. Z nagromadzonych doświadczeń wynika, że najlepszą korelację pomiędzy fizycznymi pomiarami a subiektywnymi odczuciami głośności hałasu i jego szkodliwości zapewnia filtr A i w obecnych normach zalecane jest stosowanie do pomiarów hałasu na stanowiskach pracy tego filtru. Filtr ważenia D najlepiej odzwierciedla reakcje człowieka na hałasy lotnicze.

Obecnie najlepszymi przyrządami stosowanymi w pomiarach hałasu w przemyśle są:

1. Całkujące mierniki poziomu dźwięku, tzw. sonometry. Można nimi wyznaczyć: poziom równoważny, poziom dźwięku SPL, wartości minimalne i maksymalne podczas pomiarów. Posiadają one charakterystyki A, C, Lin i możliwość podłączenia filtrów do analizy częstotliwości. Ich zakres pomiarowy sięga powyżej 120 dB i 100 dB.
2. Dozymetry pozwalają wyznaczyć dawkę, czyli ekspozycję dźwięku. Pomiaru dawki można dokonywać przez zadany czas. Mogą wyznaczać poziom równoważny, poziom dźwięku SPL, sygnalizują przekroczenie poziomu 140 dB (szczyt) i 115 dB (SPL). Mierzą w zakresie częstotliwości 20 Hz do 8 kHz przy dynamice 80 dB A. Zapamiętują historię hałasu, co pozwala na wyznaczenie czasu trwania impulsów i inną obróbkę numeryczną w zależności od zastosowanego programu. Zaletą dozymetru jest możliwość umieszczenia mikrofonu możliwie blisko wlotu do kanału słuchowego osoby ekspozowanej cały czas ekspozycji, i mierzenie hałasu faktycznie docierającego do ucha. Dozymetry mogą także być podłączone wprost do komputera celem przesłania do bazy danych zapamiętanych pomiarów.

Warunkiem prawidłowego pomiaru jest dobór sprzętu pomiarowego i metody pomiarów odpowiednio do parametrów danego zjawiska i celu pomiarów. Krytycznym członem obecnie stosowanych układów pomiarowych, a decydującym o paśmie przenoszenia i zakresie dynamiki i o zniekształceniu sygnału akustycznego, są mikrofony pomiarowe.

Pomiary powinny być wykonywane przyrządami uwierzytelnionymi, a przed pomiarami kalibrowane za pomocą wzorcowych źródeł dźwięku.

Do najważniejszych cech przyrządów, zgodnie z wymaganiami norm, należą:

1. Zakres dynamiki toru pomiarowego. Musi on umożliwiać pomiar małych i dużych natężeń.
2. Pasma przenoszenia toru pomiarowego - czyli różnica między dolną i górną częstotliwością graniczną, jaką przyrząd mierzy bez tłumienia i zniekształcenia. Parametr ten obejmuje bardzo szeroki zakres częstotliwości, od infradźwięków poprzez całe pasmo słyszalne aż do ultradźwięków.



3. Stałe czasowe aparaty. Aparatura do pomiaru powinna przynajmniej posiadać zdefiniowane stałe czasowe: szczyt (peak), slow, imp i fast.
4. Czasy uśredniania - zgodnie z normami do pomiarów hałasu aparatura powinna umożliwiać całkowanie wielkości mierzonych podczas pomiarów, celem określenia wielkości dawki (ekspozycji) hałasu lub poziomu równoważnego.
5. Filtry i charakterystyki ważenia. Uwzględniając dotychczas istniejące zalecenia higieniczne dotyczące pomiarów hałasu, aparatura powinna umożliwiać pomiar z zastosowaniem charakterystyk A i C, oraz umożliwiać podłączenie filtrów 1 i 1/3 oktaowych.

Zasady wykonywania pomiarów hałasu w przemyśle i dla jego celów są określone niżej wymienionymi normami:

PN - 81/N - 01306. Hałas. Metody pomiaru. Wymagania ogólne.

PN - 94/N- 01307. Hałas. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące przeprowadzenia pomiarów.

PN - 87/N - 01320. Metody określania parametrów akustycznych urządzeń ultradźwiękowych.

PN - 86/N - 01321. Hałas ultradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.

PN - 86/N 01338. Hałas infradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.

PN - 84/N-01330. Hałas. Techniczna metoda określania poziomu mocy akustycznej hałasu maszyn w swobodnym polu akustycznym nad powierzchnią odbijającą dźwięk.

PN - 84/N 01331. Hałas. Techniczna metoda określania poziomu mocy akustycznej hałasu maszyn w pomieszczeniu pogłosowym.

PN - 84/N - 01332. Hałas. Orientacyjna metoda określania poziomu mocy akustycznej hałasu maszyn.

PN - 85/N - 01333. Hałas Dokładne metody określania poziomu mocy akustycznej hałasu maszyn w komorze bezchowej i na otwartej przestrzeni.

PN - 85/N - 01334. Hałas. Dokładne metody określania poziomu mocy akustycznej hałasu maszyn w komorze pogłosowej.

Wymagania dotyczące mierników są zawarte w normie:

PN - 79/T -06460. Mierniki poziomu dźwięku. Ogólne wymagania i badania.

### 3. 3. Najwyższe dopuszczalne natężenia

Zgodnie z normami do oceny narażenia na hałas w środowisku pracy wyznacza się następujące parametry hałasu:

- równoważny poziom dźwięku A,
- maksymalny poziom dźwięku A,
- szczytowy poziom dźwięku C,
- poziom ciśnienia akustycznego,
- ekspozycję na hałas (dawkę hałasu),
- widmo hałasu (analiza częstotliwościowa), w zależności od rodzaju hałasu wykonuje się analizę oktawową (dla hałasu infradźwiękowego) bądź analizę tercjową (dla hałasu ultradźwiękowego).

Zgodnie z normą PN - 94/N- 01307 dozwolone najwyższe dopuszczalne natężenie hałasu wynosi:

- 85 dB w odniesieniu do 8-godzinnego dnia pracy lub tygodnia pracy (odpowiadająca mu ekspozycja dzienna nie powinna przekraczać  $3,64 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ , a ekspozycja tygodniowa  $18,2 \cdot 10^2 \cdot \text{s}$ ),
- maksymalny poziom dźwięku A nie powinien przekraczać wartości 115 dB,
- szczytowy poziom dźwięku C nie powinien przekraczać wartości 135 dB.

Podstawowym celem tak ograniczonych ekspozycji jest ochrona słuchu pracownika. Natomiast w tabeli 3 przedstawiono dopuszczalne wartości równoważnego poziomu dźwięku umożliwiające realizację podstawowych funkcji przez pracownika na danym stanowisku pracy.

Tabela 3

Dopuszczalne wartości równoważnego poziomu dźwięku umożliwiające realizację podstawowych funkcji przez pracownika na danym stanowisku pracy

Lp.	Stanowisko pracy	Równoważny poziom dźwięku A dB
1.	W kabinach bezpośredniego sterowania bez łączności telefonicznej, w laboratoriach ze źródłami hałasu, w pomieszczeniach z maszynami i urządzeniami liczącymi, maszynami do pisania, dalekopisami i w innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu	75
2.	W kabinach dyspozytorskich, obserwacyjnych i zdalnego sterowania z łącznością telefoniczną używaną w procesie sterowania: w pomieszczeniach do wykonywania prac precyzyjnych i w innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu	65
3.	W pomieszczeniach: administracyjnych, biur projektowych, do prac teoretycznych, opracowania danych i innych o podobnym przeznaczeniu	55

Normy hałasu infradźwiękowego (norma PN - 86/N - 01338) i hałasu ultradźwiękowego (norma PN - 86/N - 01321) przedstawione są w tabelach 4 - 7.

Tabela 4

Najwyższe dopuszczalne poziomy dźwięku hałasu  
infradźwiękowego dla 8-godzinnej ekspozycji

Częstotliwość środkowa pasm oktaowych [ Hz ]	Dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego [ dB ]
4; 8; 16	110
31,5	105

W przypadku ekspozycji krótszych niż 8 godzin, dopuszczalne są ekspozycje na wyższe poziomy, które można obliczyć stosując wzór:

$$L_{dop} = L_{i,NDN,480} + 10 \log \frac{480}{t}$$

gdzie  $L_{i,NDN,480}$  - najwyższy dopuszczalny poziom dla ekspozycji 480 - min w i-tej oktawie  
t - czas rzeczywistej ekspozycji.

Nie może jednak przekroczyć wartości przedstawionych w kolejnej tabeli 5.

Tabela 5

Najwyższe dopuszczalne natężenia dźwięku dla 8-godzinnej  
ekspozycji na hałas ultradźwiękowy

Częstotliwość środkowa pasm oktaowych [ Hz ]	Maksymalny dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego [ dB ]
4, 8; 16	137
31,5	132

Tabela 6

Maksymalnie dozwolone poziomy dźwięku w przypadku ekspozycji na hałas infradźwiękowy

Częstotliwość środkowa pasm tercjowych [ kHz ]	Dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego [ dB ]
10,0	80
12,5	80
16,0	80
20,0	90
25,0	105
31,5; 40; 50; 63; 80; 100	110

W przypadku ekspozycji krótszych niż 8 godzin, dopuszczalne są ekspozycje na wyższe poziomy, które można obliczyć stosując wzór:

$$L_{dop} = L_{i,NDN,480} + 10 \log \frac{480}{t}$$

gdzie  $L_{i,NDN,480}$  - najwyższy dopuszczalny poziom dla ekspozycji 480 - min w i-tej tercji

t - czas rzeczywistej ekspozycji

Nie może jednak przekroczyć wartości przedstawionych w tabeli 7.

Tabela 7

Maksymalne dozwolone poziomy dźwięku  
dla ekspozycji dłuższych niż 8 godzin

Częstotliwość środkowa pasm tercjowych [ kHz ]	Maksymalny dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego [ dB ]
10	100
12,5	100
16	100
20	110
25	125
31,5; 40; 50; 63; 80; 100	130

#### 4. Wyniki pomiarów hałasu. Zagrożenie hałasem w przemyśle

Z raportu Sadowskiego: Zagrożenie hałasem i wibracjami w Polsce - wynika, że poziom hałasu w przemyśle zależy od procesu technologicznego, jego zmechanizowania i automatyzacji, koncentracji maszyn oraz ich stanu. Poziomy dźwięku A na stanowiskach pracy w przemyśle wahają się w granicach od poniżej 80 do 125 dB, z tym że poziom większości źródeł znacznie przekracza 85 dB.

Uśredniony poziom dźwięku  $L_{AP}$  wynosi w górnictwie i energetyce  $101 \pm 8$  dB.

Najgłośniejsze maszyny to:

- maszyny i urządzenia przeróbki mechanicznej, urządzenia powierzchniowe oraz siłownie - 104 dB,
- młyny - 107 dB,
- wywrotnice - 105 dB,
- wyduszki sprężonego powietrza i pary 110 dB,
- wiertarki górnicze 117 dB,
- wiertarki obrotowo-udarowe 109 dB.



W hutnictwie i odlewnictwie uśredniony poziom dźwięku wynosi 101 dB. Największe przekroczenia występują w dziale przeróbki plastycznej. Stosowane tam maszyny i urządzenia, takie jak młoty kuźnicze, piły tarczowe, nożyce i inne wytwarzają hałas o poziomach 104 - 106 dB. Najwyższy poziom dźwięku w odlewnictwie i przemyśle hutniczym występują na stanowiskach pracy przy młotkach i przecinakach pneumatycznych: 110 - 117 dB. Pomocnicze maszyny i urządzenia są niewiele cichsze ok. 101 dB.

Średni poziom dźwięku w przemyśle maszynowym i elektrotechnicznym wynosi  $99 \pm 7$  dB. Najgłośniejsze są tu wydziały obróbki plastycznej od 92 do 120 dB. Najgłośniejsze urządzenia to piły tarczowe i taśmowe ok. 116 dB oraz nitowniki pneumatyczne 116 dB. Pozostałe gałęzie przemysłu nie są hałaśliwe aż w takim stopniu.

## 5. Ocena stanu zagrożenia i skutki ekspozycji na hałas

Raport GUS-u o warunkach pracy w 1993 r. podaje, że na każdy 1000 osób zatrudnionych w przemyśle na nadmierny hałas eksponowanych jest około 60 osób. Najwięcej osób narażonych jest w górnictwie i energetyce, przemyśle lekkim oraz przemyśle metalurgicznym. W każdym wymienionym sektorze od 40 - 50 tys. osób. Następnie w przemyśle spożywczym, przemyśle środków transportu i budownictwie. W każdym wymienionym sektorze ponad 20 tysięcy osób. Łącznie narażonych na nadmierny hałas w przemyśle było prawie 340 tysięcy osób.

Wyniki badań przedstawione przez Światową Organizację Zdrowia wykazują, że hałas całkowicie bezpieczny dla narządu słuchu nie powinien przekraczać 75 dB. Na obecnym etapie postępu technicznego nie jest możliwe spełnienie tego warunku. Wraz ze wzrostem poziomów hałasu ponad tą bezpieczną granicę rośnie ryzyko istotnego uszkodzenia narządu słuchu przez hałas, co przedstawia tabela 8.

Polski przemysł, jak pokazują wyżej przedstawione wyniki badań, jest hałaśliwy. Skutkiem takiego stanu zagrożenia są stwierdzane corocznie przypadki zawodowego uszkodzenia słuchu jako choroby zawodowej, co ilustruje poniższa tabela 8.

Tabela 8

Przypadki zawodowego uszkodzenia słuchu zarejestrowane  
w latach 1984 - 1993

Rok	Liczba przypadków zawodowego uszkodzenia słuchu	% ogólnej liczby stwierdzonych chorób zawodowych
1984	1918	22
1985	1993	23
1986	2229	24,5
1987	2350	24
1988	2554	26,5
1989	2246	25
1990	2337	25
1991	3198	26,5
1992	2904	27
1993	2809	25,5

Z danych statystycznych wynika, że przypadki zawodowego uszkodzenia słuchu są stwierdzane najczęściej w przemyśle górniczym, lekkim, hutniczym i maszynowym od 10 do 16% stwierdzanych chorób zawodowych. Jednocześnie statystyki pokazują, że ok. 50% wszystkich przypadków zawodowego uszkodzenia słuchu corocznie stwierdzanych przypada na województwo katowickie i ok. 50% na resztę kraju.

## 6. Sposoby walki z hałasem

### 6. 1. Sposoby zwalczania hałasu

"Głuchota oddziela nas od ludzi"- powiedziała kiedyś Helen Keller. Mowa jest podstawą kontaktów międzyludzkich, a zatem sprawny słuch warunkuje możliwość porozumiewania się. Aby nie dopuścić do powiększania się liczby osób z niesprawnym słuchem, należy walczyć z hałasem w środowisku, zwłaszcza w środowisku pracy, gdzie ekspozycja na hałas jest szczególnie wysoka.

W przypadkach, w których pracownicy są narażeni na nadmierny hałas, przepisy nakazują realizację programów poprawy warunków pracy, które składają się z różnorodnych przedsięwzięć.

Największą efektywność można osiągnąć, jeśli strategia programu uwzględni redukcję hałasu u źródeł, np. poprzez wymianę maszyn i technologii na mniej hałaśliwe, a w szczególności nie generujących hałasu impulsowego oraz wykorzystanie ochronników słuchu.

W tabeli 9 przedstawiono różne rodzaje działań ograniczających powstawanie negatywnych skutków hałasu.

Tabela 9

## Sposoby zwalczania hałasu

Działania techniczne	Działania organizacyjne	Ochrony osobiste
<p><u>Działania na źródła hałasu:</u> wymiana na cichsze narzędzia, urządzenia i technologie, generowanie dźwięków w antyfazie, automatyzacja i robotyzacja głośnych procesów</p> <p><u>Działania na czynniki przenoszące:</u> amortyzatory zapobiegające przenoszeniu się drgań na elementy konstrukcyjne maszyn i hal</p> <p><u>Działania ograniczające rozprzestrzenianie się hałasu:</u> tłumiki akustyczne, stosowanie ekranów i obudów dźwiękochłonnych i dźwiękoizolacyjnych, zwiększanie chłonności akustycznej pomieszczeń</p>	<p>stosowanie norm i rozporządzeń</p> <p>wydziałanie stref (kabin) ciszy</p> <p>odpowiednia organizacja pracy np rotacja na stanowiskach, ograniczanie czasu ekspozycji, ograniczanie liczby osób ekspozowanych</p> <p>odsunięcie stanowisk pracy od źródeł hałasu</p> <p>izolowanie hałaśliwych maszyn od otoczenia</p>	<p><u>Wkładki douszne:</u> wata dźwiękochłonna wkładki jedno-, i wielokrotnego użycia</p> <p><u>Ochrony nausznikowe:</u> pasywne aktywne</p> <p><u>Ochrony obejmujące całą głowę:</u> hełmy</p>

## 6. 2. Działania techniczne

W programach zwalczania hałasu przede wszystkim należy wprowadzać przedsięwzięcia techniczne. Kolejność postępowania powinna tu obejmować analizę możliwości zmniejszenia występującego hałasu co najmniej do pułapu wyznaczonego przez obowiązujące normatywy poprzez:

1. Likwidację zbędnych źródeł hałasu i ograniczenie bądź zmniejszenie emisji hałasu przez źródła.

Likwidacja źródeł hałasu obejmuje działania mające na celu zmniejszenie ilości źródeł czynnych hałasu oraz zmniejszenie ich poziomu. Ten sposób polega na:

- wymianie hałaśliwych narzędzi na cichsze ( np młoty na prasy, prasy mechaniczne na prasy hydrauliczne),
- zastosowaniu cichszych technologii ( np. nitowanie na ściskanie czy spawanie, kucie na walcowanie lub prasowanie),
- stosowanie tłumików hałasu,
- wyrównowazeniu elementów maszyn,
- likwidację zbędnych źródeł hałasu np. przez uszczelnienie zbędnych otworów wypływu strumieni gazów do otoczenia .

2. Likwidację bądź zmniejszenie czynników, którymi hałas jest przenoszony. Energia akustyczna od źródła hałasu do otoczenia przenoszona jest dwiema drogami:

- w ośrodku powietrznym jako fala akustyczna,
- w ośrodku stałym jako drgania materiałowe, które stają się wtórnym źródłem fali akustycznej.

Dla ograniczenia przenoszenia się fal akustycznych w powietrzu stosuje się obudowy dźwięko-izolacyjne zakładane na źródło hałasu lub w przypadku gdy stosowanie takich obudów jest niemożliwe np. ze względu na konieczność stałego dostępu do maszyny. W takich przypadkach stosuje się ekrany akustyczne, które ustawione na drodze rozprzestrzeniania się fali akustycznej, tłumią ją.

Należy pamiętać, że hałas rozprzestrzenia się nie tylko przez drgania środowiska powietrznego wokół źródła, lecz również przenosi się drogą materiałową poprzez drgania

podłóża i elementy konstrukcyjne. Stosowanie amortyzatorów drgań pod maszyny lub ich elementy wyłumia lub ogranicza transmisje drgań.

Zwiększenie chłonności akustycznej pomieszczeń poprzez stosowanie podwieszanych materiałów dźwiękochłonnych i/lub wykładanie takimi materiałami ścian zapobiega odbiciom fal akustycznych od ścian, przez co osiąga się znaczne wyciszenie pomieszczeń.

### 6. 3. Profilaktyka organizacyjna

Profilaktyka organizacyjna wykorzystuje wszystkie możliwości zmniejszenia dawki hałasu otrzymywanego przez pracowników poprzez:

- skracanie czasu narażenia w wyniku odsunięcia pracowników od źródeł hałasu,
- rotacji pracowników tak, aby pracowali oni przez różne części dniówki lub różne dni tygodnia na cichszych lub głośniejszych stanowiskach pracy,
- rozgęszczenie źródeł hałasu i stanowisk pracy,
- wyprowadzenie poza hale części źródeł,
- tworzenie stref ciszy poprzez wyizolowanie ściankami dźwiękochłonno-dźwiękoizolacyjnymi pomieszczeń, w których pracownicy mogliby mieć przerwy w ekspozycji na hałas w ciągu dniówki.

### 6. 4. Ochrony osobiste

W przypadkach braku możliwości wyciszenia hałasu w środowisku pracy do bezpiecznego poziomu jedynym praktycznym rozwiązaniem zabezpieczenia pracowników pozostaje stosowanie indywidualnych ochronników słuchu. Ich zadaniem jest zmniejszenie ilości energii akustycznej przenikającej do narządu słuchu.

Znane są głównie ochronniki słuchu typu: wkładki dousznych lub nauszniaków. Ochrony obejmujące całą głowę są stosowane przede wszystkim w lotnictwie.

Ochrony douszne wykonane mogą być ze specjalnego rodzaju waty szklanej w osłonkach z folii ochronnych, spienionych polimerów lub włókien silikonowych neutralnych w oddziaływaniu na skórę oraz z termoplastycznych elastomerów, szczególnie wygodnych w dopasowywaniu się do kanału słuchowego.

Zaletą tych ochron jest:

- niski ciężar,
- mała uciążliwość w noszeniu,
- możliwość równoczesnego stosowania bez utrudnień hełmów czy okularów,
- niewystępowanie nadmiernego pocenia.

Wady tych ochron to:

- konieczność zachowania czystości rąk przy ich zakładaniu,
- możliwość występowania uczuleń u osób szczególnie wrażliwych.

Ochrony typu nausznikowego składają się z 2 czasz połączonych kabląkiem lub przypiętych do hełmu. Szczelność przylegania do głowy zapewniona jest przez docisk specjalnych obrzeży gumowych lub wypełnionych płynem za pomocą kabląka. W celu zwiększenia właściwości tłumienia hałasu środek czasz wypełniany jest pianką z tworzywa sztucznego lub watą szklaną.

Zaletą tych ochron jest:

- szybkie i pewne zdejmowanie i nakładanie,
- szczególnie wysokie tłumienie wysokich częstotliwości.

Wadą tych ochron jest:

- utrudnienie równoczesnego stosowania okularów,
- większy dyskomfort noszenia niż wkładek dousznych.

Parametry akustyczne ochron słuchu produkowanych w Polsce zestawiono w tabeli 10.

Tabela 10

Wybrane parametry akustyczne polskich ochronników słuchu

Lp.	Rodzaj ochrony, typ i producent	Średnie tłumienie niskich częstotliwości	Średnie tłumienie wysokich częstotliwości
1	Stopper MWD-wkładka douszna z masy do formowania Stanmark, Polska	16 dB	27 dB



cd. tabeli 10

2	Stopper ELA II wkładka douszna - miękka Stanmark, Polska	15 dB	25 dB
3	Stopper ELA wkładka douszna - miękka Stanmark, Polska	15 dB	23 dB
4	OS - 2A nauszники przeciwhałasowe Opta, Polska	13 dB	23 dB
5	OS - 5A nauszники przeciwhałasowe Opta, Polska	13 dB	24 dB
6	OS - 6A nahełmowe nauszники przeciwhałasowe Opta, Polska	14 dB	23 dB

Podstawową ich cechą, niezależnie od zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, jest skuteczność, z jaką ochronnik tłumi energię akustyczną. Ta cecha nosi nazwę skuteczności akustycznej.

Skuteczność akustyczna ochronników słuchu decyduje o stopniu zmniejszenia przez ochronnik poziomu dźwięku przedostającego się do wnętrza narządu słuchu. Cechę tą określa się szacunkowym tłumieniem.

Doboru ochron słuchu dokonuje się zgodnie z parametrami akustycznymi środowiska pracy i znaną akustyczną skutecznością tłumienia ochronników.

Ochronniki słuchu na ogół dobrze tłumią hałas w zakresie wysokich częstotliwości jego widma. Obniżenie hałasu sięga wówczas od 30 do 50 dB. Znacznie słabiej tłumią w pasmie częstotliwości niskich, tylko od 10 do 30 dB, w zależności od typu ochronnika.

Na ogół szacunkowe tłumienie ochronników, niezależnie od rozwiązań konstrukcyjnych, zawiera się w przedziale 15 - 30 dB (sporadycznie powyżej 30 dB).

Ocena komfortu albo dyskomfortu dotyczy cechy osobniczej. Uwzględnienie tego faktu wymaga dlatego, stosowania różnorodnych ochron dla tych samych warunków akustycznych. Zatem pracownicy powinni mieć do dyspozycji taki szeroki wybór ochron, by uwzględnione były nie tylko cechy hałasu, ale także różnice osobnicze pracowników.

Na zakończenie należy podkreślić, że uzyskanie najlepszego efektu ochronnego jest możliwe tylko wtedy, gdy ochronnik jest prawidłowo stosowany przez cały czas trwania ekspozycji na hałas.

### Literatura

1. Broch J.T., Acoustic noise measurements. Bruel i Kjaer, 1980.
2. Grzesik J., Bodźce akustyczne. PWN, Warszawa 1977.
3. Kryteria zdrowotne środowiska. Hałas. PZWL. Warszawa 1988.
4. Lipowczan A., Identyfikacja zagrożenia i metody ograniczenia hałasu w górnictwie węgla kamiennego. Prace GIG. Katowice 1978.
5. Lipowczan A., Podstawy pomiarów hałasu. GIG, Liga Walki z Hałasem. Warszawa - Katowice 1987.
6. Occupational diseases in Poland in the years 1984-1987. Wyd. IMP, Łódź 1988.
7. Occupational diseases in Poland in the years 1991- 1993. Wyd. IMP, Łódź 1994.
8. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 16.01.1995 w sprawie NDS i NDN czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz. Ustaw, 1995, nr 3.
9. Sadowski J. Engel Z., Zagrożenie hałasem i wibracjami w Polsce. Bezpieczeństwo Pracy nr 2, Warszawa 1989, 3 - 8.
10. Sadowski J. Engel Z. Z. Zagrożenie hałasem i wibracjami w Polsce - ocena stanu zagrożenia. Bezpieczeństwo Pracy, 1989, nr 3.
11. Trynkowska D.: Przegląd asortymentu ochronników słuchu i zasady doboru. Bezpieczeństwo Pracy, 1985, nr 4.
12. Warunki pracy w 1993 r. Informacje i opracowania statystyczne GUS, Warszawa 1994.
13. PN - 81/N - 01306. Hałas. Metody pomiaru. Wymagania ogólne.
14. PN - 94/N- 01307. Hałas. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące przeprowadzenie pomiarów.

- 15.PN - 87/N - 01320. Metody określania parametrów akustycznych urządzeń ultradźwiękowych.
- 16.PN - 86/N - 01321. Hałas ultradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
- 17.PN - 86/N 01338. Hałas infradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
- 18.PN - 84/N-01330. Hałas. Techniczna metoda określania poziomu mocy akustycznej hałasu maszyn w swobodnym polu akustycznym nad powierzchnią odbijającą dźwięk.
- 19.PN - 84/N 01331 Hałas. Techniczna metoda określania poziomu mocy akustycznej hałasu maszyn w pomieszczeniu pogłosowym.
- 20.PN - 84/N - 01332 Hałas . Orientacyjna metoda określania poziomu mocy akustycznej hałasu maszyn
- 21.PN - 85/N - 01333.Hałas Dokładne metody określania poziomu mocy akustycznej hałasu maszyn w komorze bezchowej i na otwartej przestrzeni.
- 22.PN - 85/N - 01334.Hałas. Dokładne metody określania poziomu mocy akustycznej hałasu maszyn w komorze pogłosowej
- 23.PN - 79/T -06460. Mierniki poziomu dźwięku. Ogólne wymagania i badania.