

Laboratorium

Wibroakustyczne Diagnozowanie Maszyn i Urządzeń

Instrukcja do ćwiczenia nr 4

POMIAR HAŁASU NA STANOWISKU PRACY,
METODY OCHRONY PRACOWNIKÓW PRZED HAŁASEM

Opracowanie: P. Osiński, K. Leszczyński

Wartości normatywne na stanowisku pracy

Ze względu na ochronę zdrowia pracowników w polskich przepisach wprowadzono cały szereg wymagań, które w szczególności dotyczą one pracodawców. Obowiązki pracodawcy w zakresie ochrony przed hałasem podane zostały w rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne. Zgodnie z tym rozporządzeniem pracodawca ma obowiązek dokonywać pomiarów wielkości charakteryzujących hałas w środowisku pracy i porównywać ich wyniki z wartościami progów działania i najwyższego dopuszczalnego natężenia (NDN) [1]. Tryb i częstotliwość wykonywania tych pomiarów reguluje rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Zgodnie z tym rozporządzeniem pomiary hałasu powinny być wykonywane [2]:

- nie później niż w terminie 30 dni od dnia rozpoczęcia działalności (wyniki badań i pomiarów przechowuje się przez okres 3 lat, licząc od daty ostatniego wpisu),
- co najmniej raz w roku w przypadku gdy wyniki ostatnio wykonywanych pomiarów wielkości opisujących hałas wykazały, że co najmniej jeden z nich przekracza 0,5 wartości NDN,
- co najmniej raz na dwa lata gdy wyniki ostatnio wykonywanych pomiarów wielkości opisujących hałas wykazały, że co najmniej jeden z nich przekracza 0,2 wartości NDN,
- w każdym wypadku wprowadzenia zmian w wyposażeniu technicznym, procesie technologicznym lub w warunkach wykonywania pracy, które mogły mieć wpływ na zmianę poziomu emisji lub narażenia na hałas.

Na podstawie wyników przeprowadzonych pomiarów hałasu pracodawca ma obowiązek ocenić ryzyko zawodowe związane z narażeniem pracowników na hałas wynikające z cech miejsca pracy oraz ze stosowanych w konkretnych warunkach środków lub procesów pracy, ze szczególnym uwzględnieniem [1]:

- poziomu i rodzaju narażenia (w tym hałasu impulsowego),
- czasu trwania narażenia (w tym pracy w godzinach nadliczbowych),
- wartości NDN i progów działania,
- skutków dla zdrowia i bezpieczeństwa pracowników, w tym należących do grup szczególnego ryzyka,
- skutków wynikających z interakcji pomiędzy hałasem i drganiami mechanicznymi,
- informacji dotyczących poziomu emisji hałasu dostarczanych przez producenta środków pracy,
- istnienia alternatywnych środków pracy o ograniczonej emisji hałasu,
- informacji uzyskiwanych w wyniku profilaktycznych badań lekarskich pracowników,
- skutków wynikających z interakcji pomiędzy hałasem a sygnałami bezpieczeństwa lub innymi dźwiękami, które pracownik powinien słyszeć w celu ograniczenia ryzyka wypadku przy pracy,
- skutków wynikających z interakcji pomiędzy hałasem a substancjami ototoksycznymi (jeśli umożliwia to stan wiedzy technicznej i medycznej),
- dostępności środków ochrony indywidualnej.

Ocena ryzyka zawodowego powinna być dokumentowana oraz dokonywana każdorazowo, gdy nastąpiły zmiany warunków wykonywania pracy lub jeśli konieczność taką wykażą wyniki profilaktycznych badań lekarskich.

Wielkości charakteryzujące hałas w środowisku pracy oraz wartości największych dopuszczalnych natężeń dla tych wielkości zostały określone w załączniku do rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych

dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Zgodnie z tym rozporządzeniem hałas w środowisku pracy charakteryzowany jest przez [3]:

- poziom ekspozycji odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$) i odpowiadającą mu ekspozycję dzienną ($E_{A,d}$) lub poziom ekspozycji odniesiony do tygodnia pracy ($L_{EX,w}$) i odpowiadającą mu ekspozycję tygodniową ($E_{A,w}$) (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 (L_{Cpeak}).

Dopuszczalne ze względu na ochronę słuchu wartości hałasu obowiązują jednocześnie i nie mogą przekraczać wartości podanych w tabeli 1 [3].

Tabela 1. Wartości dopuszczalne hałasu [4]

Wielkość charakteryzująca hałas	Wartość dopuszczalna
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$)	85 dB
Ekspozycja dzienna ($E_{A,d}$)	$3,64 \cdot 10^3 \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy ($L_{EX,w}$)	85dB
Ekspozycja tygodniowa ($E_{A,w}$)	$18,2 \cdot 10^3 \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$
Maksymalny poziom dźwięku A	115 dB
Szczytowy poziom dźwięku C	135 dB

Podane powyżej wartości NDN hałasu stosuje się, jeżeli inne szczegółowe przepisy nie określają wartości niższych. W przepisach szczegółowych określone zostały wartości dopuszczalne hałasu odnoszące się do osób młodocianych oraz kobiet w ciąży. W rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 24 sierpnia 2004 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac podano wartości dopuszczalne hałasu dla młodocianych. W rozporządzeniu Rady Ministrów z 10 kwietnia 1996 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom podano wartości dopuszczalne hałasu dla kobiet w ciąży. Zgodnie z tymi rozporządzeniami wzbronione jest zatrudnianie młodocianych i kobiet w ciąży na stanowiskach pracy, na których wartości hałasu przekraczają wartości dopuszczalne podane w tabeli 2 [5], [6].

Tabela 2. Wartości dopuszczalne hałasu dla osób młodocianych oraz kobiet w ciąży [4]

Wielkość charakteryzująca hałas	Wartość dopuszczalna	
	młodociani	kobiety w ciąży
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$)	80 dB	65 dB
Maksymalny poziom dźwięku A	110 dB	110 dB
Szczytowy poziom dźwięku C	130 dB	130 dB

Z kolei w rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne określono wartości progów działania dla wielkości charakteryzujących hałas w środowisku pracy. Wartości progów działania dla hałasu podano w tabeli 3 [1].

Tabela 3. Wartości progów działania dla wielkości charakteryzujących hałas [4]

Wielkość charakteryzująca hałas w środowisku pracy	Wartość progu działania
Poziom ekspozycji odniesiony do 8-godziannego dobowego wymiaru czasu pracy ($L_{EX,8h}$) lub poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy ($L_{EX,w}$)	80 dB
Szczytowy poziom dźwięku C (L_{Cpeak})	135 dB

Po przekroczeniu wartości dopuszczalnych lub progów działania pracodawca jest zobowiązany podjąć określone w przepisach prawa działania, mające na celu ograniczenie ryzyka zawodowego związanego z hałasem, uwzględniając dostępne rozwiązania techniczne oraz postęp naukowo techniczny [1].

Metody pomiaru hałasu na stanowisku pracy [7]

Pomiary hałasu na stanowisku pracy, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia są obowiązkowe i muszą być wykonywane okresowo. Częstość przeprowadzania takich badań zależy od uzyskanego wyniku a także za każdym razem gdy zostanie wprowadzona zmian na stanowisku pracy. Wykonują je laboratoria z odpowiednimi akredytacjami. Metodyka pomiarów hałasu na stanowisku pracy jest szczegółowo opisana w normie PN-ISO 9612:2011. Metoda ta podzielona jest na kilka etapów.

Etap I – analiza warunków pracy

Polega na zebraniu istotnych informacji na temat wykonanej pracy w celu ustalenia właściwej strategii pomiarowej. Plan pomiarów powinien dać pewność, że wszystkie istotne okresy występowania hałasu są ujęte.

Etap II – wybór strategii pomiarowej

Na podstawie przeprowadzonej analizy wybiera się jedną z trzech strategii pomiarowych:

- Strategia 1 – praca wykonywana podczas dnia jest analizowana i dzielona na reprezentatywne zadania a dla każdego zadania są wykonywane odrębne pomiary poziomu ciśnienia akustycznego;
- Strategia 2 – szereg losowych pomiarów poziomu ciśnienia akustycznego podczas wykonywania pracy na badanym stanowisku;
- Strategia 3 – poziom ciśnienia akustycznego jest mierzony przez cały czas wykonywania prac.

Etap III – wykonanie pomiarów

Po przygotowaniu się do pomiarów i wybraniu odpowiedniej strategii pomiarowej należy:

- Dokonać pomiaru temperatury i wilgotności i sprawdzić czy mieszczą się w granicach pracy miernika hałasu;
- Badania maksymalnego (L_{Amax}) i równoważnego poziomu dźwięku (L_{Ai}) należy wykonać przy włączonej charakterystyce korekcyjnej A i dynamicznej S;
- Badania szczytowego poziomu dźwięku (L_{Cpeak}) należy wykonać przy włączonej charakterystyce korekcyjnej C i dynamicznej PEAK.

Powyższe trzy parametry należy mierzyć jednocześnie, a mikrofon powinien być ustawiony w odległości od 0,1m do 0,4m od ucha pracownika narażonego na wyższy poziom ciśnienia akustycznego na wysokości 155cm. Gdy pracownik się przemieszcza należy podążać z nim.

Etap IV – obliczenia

Z uzyskanych wyników należy obliczyć:

- Całkowity czas narażenia T_e pracownika na hałas:

$$T_e = \sum_{j=1}^m T_j$$

gdzie:

T_e – czas narażenia pracownika w min,

T_j – czas trwania zadania w min,

m – liczba zadań roboczych.

- Równoważny poziom dźwięku dla każdego zadania:

$$L_{Aeq,j} = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{Aij}} \right]$$

gdzie:

$L_{Aeq,j}$ – równoważny poziom dźwięku dla zadania j ,

L_{Aij} – wyniki pomiarów równoważnego poziomu dźwięku,

n – liczba pomiarów (minimum 3 pomiary).

- Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8 godzinnego dnia pracy:

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{T_o} \cdot \sum_{j=1}^m T_j \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,j}} \right]$$

gdzie:

$L_{EX,8h}$ – poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8 godzinnego dnia pracy,

T_o – 480 min.

Etap V – porównanie wyników z normami

Ostatnim krokiem jest odniesienie uzyskanych wyników do obowiązujących normatywów do których należą:

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy ($L_{EX,8h}$),
- maksymalny poziom dźwięku (L_{Amax}),
- szczytowy poziom dźwięku (L_{Cpeak}).

Pomiary hałasu na stanowisku pracy wg PN-86/N-01338 [8]

W normie PN-86/N-01338 opisano ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów hałasu m.in. na stanowisku pracy.

Pomiary hałasu można wykonać za pomocą metody bezpośredniej oraz metody pośredniej.

Metoda bezpośrednia

Pomiar metodą bezpośrednią polega na bezpośrednim odczycie mierzonych wartości poziomów ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych. Zakłada on wykonanie pomiaru za pomocą takich narzędzi pomiarowych jak:

- mikrofon pojemnościowy i miernik poziomu ciśnienia akustycznego;
- filtry oktawowe.

Czas uśredniania sygnału w mierniku poziomu ciśnienia akustycznego nie może być krótszy niż 10s. Wszystkie narzędzia pomiarowe powinny być wzorcowane przed i po wykonaniu pomiarów.

Pomiary poziomu ciśnienia akustycznego należy wykonać na stanowisku pracy umieszczając mikrofon na wysokości ucha pracownika. Mikrofon powinien być skierowany w stronę źródła o maksymalnym poziomie ciśnienia akustycznego. Pomiar poziomu ciśnienia akustycznego należy wykonać co najmniej trzy razy, a następnie wyniki uśrednić.

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

Pomiar metodą pośrednią polega na zarejestrowaniu hałasu i odtworzeniu sygnału w celu wykonania jego analizy. Do rejestracji należy stosować:

- miernik poziomu ciśnienia akustycznego (jak wyżej);
- wzmacniacz pomiarowy;
- magnetofon;
- inne narzędzia pomiarowe z odpowiednią charakterystyką częstotliwościową.

Natomiast do analizy służy analizator oktawowy z filtracją analogową lub cyfrową umożliwiającą uzyskanie czasów uśredniania sygnałów co najmniej 10s.

Czas rejestracji poziomów ciśnienia akustycznego powinien uwzględniać czasowe zmiany poziomu ciśnienia akustycznego i nie powinien być krótszy niż 60s.

Jej główną zaletą jest to, że polega na pomiarze hałasu w czasie krótszym niż czas ekspozycji pracownika oraz zastosowaniu odpowiednich zależności matematycznych do wyznaczenia wielkości opisujących hałas na stanowiskach pracy. Natomiast jej największą wadą jest to, że w przypadku nie w pełni rozpoznanego charakteru hałasu nieustalonego można popełnić trudne do oszacowania błędy (w szczególnych sytuacjach nawet kilkunastodecybelowe). Z tego powodu zaleca się stosowanie tej metody tylko przez doświadczone ekipy pomiarowe.

Środki ochrony przed hałasem

Po przekroczeniu wartości NDN dla hałasu pracodawca ma obowiązek podjąć niezwłoczne działania w celu ograniczenia narażenia indywidualnego poniżej wartości NDN - sporządzić i wprowadzić w życie program działań organizacyjno-technicznych, ustalić przyczyny występowania nadmiernego narażenia indywidualnego oraz dobrać środki ochronne i podjąć działania zapobiegawcze, pozwalające uniknąć ponownego wystąpienia narażenia indywidualnego przekraczającego wartości NDN [1].

W przypadku gdy uniknięcie lub wyeliminowanie ryzyka zawodowego wynikającego z narażenia na hałas środkami organizacyjno-technicznymi nie jest możliwe pracodawca ma obowiązek [1]:

- udostępnić środki ochrony indywidualnej słuchu (po przekroczeniu progów działania),
- udostępnić środki ochrony indywidualnej słuchu oraz nadzorować prawidłowość ich stosowania (po osiągnięciu lub przekroczeniu wartości NDN),
- oznaczać znakami bezpieczeństwa miejsca pracy, w których wielkości charakteryzujące hałas przekraczają wartości NDN, wydzielać strefy z takimi miejscami i ograniczać do nich dostęp, jeżeli jest to wykonalne i ryzyko wynikające z narażenia na hałas uzasadnia takie wydzielenie.

Działania ukierunkowane na ograniczanie narażenia na hałas i związane z tym ryzyko powinny obejmować możliwe do wprowadzenia w danej sytuacji rozwiązania techniczne i/lub organizacyjne, które muszą być ściśle skorelowane z obowiązującymi wymaganiami

prawnymi. Skuteczne metody walki z hałasem wymagają stosowania się do sprawdzonej i powszechnie przyjętej systematyki działań.

Rozwiązania techniczne



Redukcja hałasu u źródła (zmiana konstrukcji urządzenia)



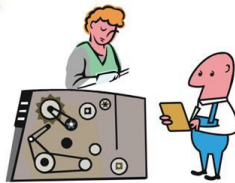
Środki ochrony zbiorowej przed hałasem (obudowy, ekrany, kabiny)



Środki ochrony indywidualnej (nauszniki, wkładki)

Metody organizacyjne

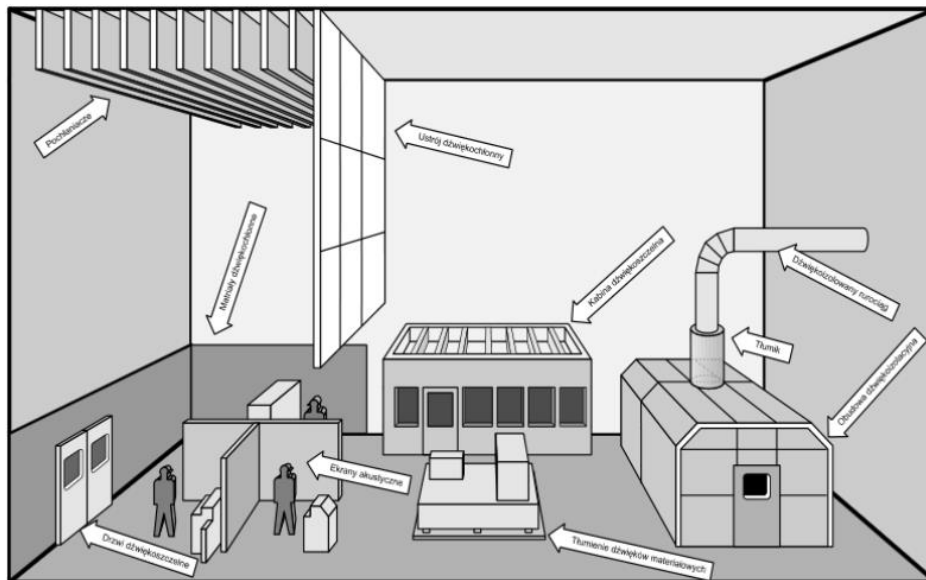
Metody organizacyjne (przerwy w pracy, rotacja pracowników)



Rys. 1. Działanie mające na celu ochronę pracowników przed negatywnymi skutkami hałasu [4]

Zgodnie z tą systematyką przedsięwzięte środki mające na celu ograniczenie zagrożenia hałasem powinny być wprowadzane w odpowiedniej kolejności (rys. 1) [4]:

1. eliminacja zagrożenia poprzez jego redukcję u źródła powstawania,
2. stosowanie środków ochrony zbiorowej przed hałasem (ograniczanie hałasu na drodze transmisji) lub wprowadzenie rozwiązań o charakterze organizacyjnym (rys. 2),
3. stosowanie środków ochrony indywidualnej.



Rys. 2. Środki ochrony zbiorowej na stanowisku pracy [4]

Eliminacja zagrożenia przez jego redukcję u źródła powstawania jest rozwiązaniem technicznym przynoszącym najlepsze rezultaty jednak nie zawsze możliwym do zrealizowania ze względów technicznych lub ekonomicznych. Może ona polegać na stosowaniu jak najcichszych procesów technologicznych lub jak najcichszych środków produkcji (zarówno typu jak i egzemplarza). Działania te najlepiej jest podjąć na etapie projektowania zakładu pracy, procesu produkcyjnego i zakupu środków produkcji. Duży wpływ na emisję hałasu ze

źródła ma również właściwe eksploataowanie maszyny zgodnie z jej przeznaczeniem, stosowanie zabezpieczeń akustycznych stanowiących elementy wyposażenia maszyny dołączone do maszyny przez producenta, właściwą konserwację maszyny i utrzymywanie jej w dobrym stanie technicznym.

Jeżeli nie jest możliwe ograniczenie hałasu u źródła jego powstawania należy zastosować odpowiednie środki techniczne i organizacyjne pozwalające ograniczać hałas na drodze jego rozprzestrzeniania się (transmisji) np. przez zastosowania środków ochrony zbiorowej przed hałasem pozwalają na ograniczanie hałasu na drodze transmisji. Środki te obejmują m. in.: obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne, tłumiki akustyczne, ekrany akustyczne i przemysłowe kabiny dźwiękoizolacyjne, materiały pochłaniające dźwięk, układy aktywnej redukcji hałasu.

Zastosowanie całkowitych, szczelnych obudów dźwiękochłonna-izolacyjnych na źródła hałasu (obudowanie hałaśliwej maszyny należy do najskuteczniejszego sposobu ograniczenia hałasu) może zmniejszać poziom dźwięku A o 15÷20dB, a częściowe do 10dB. Zastosowanie otworów wentylacyjnych i innych otworów, koniecznych ze względów technologicznych, zmniejsza skuteczność obudowy, dlatego konieczne jest wtedy zastosowanie w otworze odpowiedniego tłumika akustycznego [9].

Tłumiki akustyczne ograniczają hałas przenikający przez otwory lub instalacje, w których odbywa się przepływ powietrza lub gazu. Do znanych tłumików tego typu należą tłumiki refleksyjne czyli akustyczne filtry falowe, tłumiki absorpcyjne zawierające materiał dźwiękochłonny oraz tłumiki aktywne [9].

Wibroizolowanie maszyny od podłoża (zmniejszenie energii wibroakustycznej propagowanej drogą materiałową) pozwala ograniczyć hałas niskoczęstotliwościowy do 10dB(A) [9].

Ekran przeciwhałasowy stanowi przeszkodę dla rozchodzenia się hałasu maszyn. W celu uzyskania maksymalnej skuteczności ekran należy umieszczać jak najbliżej źródła hałasu lub miejsca pracy ponadto powinien on mieć duże wymiary. Skuteczność ekranów dźwiękochłonna-izolacyjnych może osiągnąć 5 – 15 dB(A) [9].

Materiały i ustroje dźwiękochłonne (stosowane na ścianach i stropie pomieszczenia zwiększają jego chłonność akustyczną, w ten sposób uzyskuje się zmniejszenie poziomu dźwięku fal odbitych, co prowadzi do zmniejszenia ogólnego poziomu hałasu panującego w danym pomieszczeniu); Skuteczność sufitu podwieszanego pozwala ograniczyć poziom dźwięku A fal odbitych o 3-7dB [9].

Kabiny dźwiękoizolacyjne mogą zmniejszać poziom dźwięku A o ponad 20dB. Ich skuteczność przeciwhałasową określa izolacyjność akustyczna [9].

Aktywne metody ograniczania hałasu to kompensowanie hałasu dźwiękami z dodatkowych, zewnętrznych źródeł energii. Najczęściej stosowane w praktyce układy aktywnej redukcji hałasu to aktywne tłumiki hałasu maszyn przepływowych i silników spalinowych (osiągane tłumienie wynosi 15 – 30 dB(A) dla hałasów niskoczęstotliwościowych) oraz aktywne ochronniki słuchu (umożliwiają zwiększenie tłumienia dźwięku przez ochronniki o 10 – 15 dB(A) w zakresie niskich częstotliwości) [10].

Środki ochrony indywidualnej przed hałasem powinny być stosowane jedynie w przypadku gdy wyeliminowanie ryzyka związanego z hałasem nie jest możliwe przy zastosowaniu innych rozwiązań. Środki ochrony indywidualnej słuchu czyli ochronniki słuchu dzielą się na nauszники przeciwhałasowe i wkładki przeciwhałasowe (rys. 3).



Rys. 3. Rodzaje ochronników słuchu [4]

Nauszniki przeciwhałasowe składają się z czasz tłumiących, obejmujących małżowiny uszne i przylegających szczelnie do głowy miękkimi poduszkami oraz. Nauszniki przeciwhałasowe mogą być niezależne (czasze połączone są za pomocą sprężyny dociskowej) lub mocowane do hełmów ochronnych (każda czasza wyposażona jest w element mocujący do hełmu). Wkładki przeciwhałasowe są to ochronniki słuchu przeznaczone do szczelnego zamknięcia zewnętrznego przewodu słuchowego. Wkładki dzielimy na jednorazowego użytku lub wielokrotnego użytku. Wkładki przeciwhałasowe mogą być modelowane fabrycznie, formowane przez użytkownika, lub formowane przez producenta indywidualnie dla każdego użytkownika, z uwzględnieniem specyfiki budowy jego przewodu słuchowego. Stosowane ochronniki słuchu powinny być oznaczone znakiem CE (spełniają normy dotyczące ochron słuchu) i dobrane pod względem parametrów akustycznych do hałasu na stanowisku pracy jak również pod względem indywidualnych cech i potrzeb pracownika [4].

Rozwiązania organizacyjne zmierzające do ograniczenia narażenia na hałas polegają na [4]:

- stosowaniu przerw w pracy i ograniczanie czasu pracy na hałaśliwych stanowiskach,
- rotacja na stanowiskach pracy,
- oddzieleniu obszarów, w których wykonywane są prace o małej emisji hałasu od obszarów, w których wykonywane są prace o dużej emisji hałasu,
- grupowaniu źródeł dźwięku w zależności od poziomu ciśnienia akustycznego emitowanego dźwięku,
- odsunięciu człowieka od hałaśliwych procesów (robotyzacja i automatyzacja),
- odpowiednim usytuowaniu źródeł hałasu względem siebie i względem ścian pomieszczenia.

Niekiedy efektywnym sposobem ograniczenia narażenia na hałas są działania polegające na stosowaniu przerw w pracy, ograniczaniu czasu pracy na hałaśliwych stanowiskach i rotacja służą ograniczaniu poziomu ekspozycji na hałas. Poziom ekspozycji na hałas zależy od równoważnego poziomu dźwięku A na stanowisku pracy i czasu ekspozycji. Stosując przerwy w pracy zmniejszamy czas ekspozycji i co za tym idzie poziom ekspozycji na hałas. Jeżeli stosujemy rotację na stanowiskach pracy, pracownik część dnia pracy spędza na stanowisku o dużym poziomie hałasu a część na stanowisku o małym poziomie hałasu. Znając poziomy równoważne dźwięku A dla obu stanowisk możemy tak dobrać czas pracy na obu stanowiskach, aby poziom ekspozycji na hałas nie został przekroczony. Rozwiązanie to nie może być stosowane, gdy przekroczone są maksymalny poziom dźwięku A lub szczytowy poziom dźwięku C. Wartości te nie mogą być przekroczone w żadnej chwili przebywania pracownika

na stanowisku pracy więc stosowanie przerw w pracy lub rotacji na stanowiskach pracy niczego nie zmienia. Z kolei dzięki grupowaniu źródeł hałasu możliwe jest ograniczenie liczby pracowników zagrożonych hałasem. Działanie to polega na rozdzieleniu obszarów prac o różnych poziomach emisji hałasu oraz grupowaniu ich w jednych pomieszczeniach w ten sposób pracownicy obsługujący cichsze urządzenie (w znajdujące się w jednym pomieszczeniu) nie są narażeni na hałas docierający z urządzeń głośniejszych (znajdujących się w innym pomieszczeniu).

Ważnym uzupełnieniem działań technicznych i organizacyjnych mających na celu zminimalizowanie ryzyka związanego z występowaniem hałasu w środowisku pracy jest profilaktyka medyczna. Zgodnie z art. 229 Kodeksu pracy pracownicy podlegają wstępnym, kontrolnym i okresowym badaniom lekarskim. Pracodawca nie może dopuścić do pracy pracownika bez aktualnego orzeczenia lekarskiego stwierdzającego brak przeciwwskazań do pracy na określonym stanowisku. Zakres wstępnych, okresowych i kontrolnych badań lekarskich, częstotliwość wykonywania badań okresowych oraz zakres profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami został określony w rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 maja 1996 r w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy [11].

Badania ogólne powinny być wykonywane co 4 lata. Badania otolaryngologiczne i audiometryczne powinny być wykonywane przez pierwsze trzy lata pracy w hałasie - co rok, następnie co 3 lata. W razie ujawnienia w okresowym badaniu audiometrycznym ubytków słuchu charakteryzujących się znaczną dynamiką rozwoju, częstotliwość badań audiometrycznych należy zwiększyć, skracając przerwę między kolejnymi testami do 1 roku lub 6 miesięcy. W razie narażenia na hałas impulsowy albo hałas, którego równoważny poziom dźwięku A przekracza stale lub często 110dB, badanie audiometryczne należy przeprowadzać nie rzadziej niż raz w roku. Lekarz prowadzący badania profilaktyczne może poszerzyć zakres badań o dodatkowe specjalistyczne badania konsultacyjne oraz badania dodatkowe, a także wyznaczyć krótszy termin następnego badania jeżeli stwierdzi, że jest to niezbędne do prawidłowej oceny stanu zdrowia osoby przyjmowanej do pracy lub pracownika. Badania lekarskie mają na celu wyeliminowanie przy pracach w narażeniu na hałas osób, których stan zdrowia odbiega od normy, gdyż w wyniku narażenia na hałas może on ulec dalszemu pogorszeniu. Badania te mają również na celu wychwycenie wczesnych objawów zmian chorobowych (uszkodzenia słuchu) powstających pod wpływem narażenia na hałas i niedopuszczenie do pogłębiania się choroby.

Metodyka doboru ochronników słuchu [12]

Podstawowym założeniem prawidłowego doboru ochronników słuchu jest zagwarantowanie pod nim wartość poziomu dźwięku A niższej niż wartość dopuszczalna dla danych warunków hałasowych. Należy dążyć do tego, aby poziom dźwięku A pod ochronnikiem słuchu (L'_A) nie przekraczał 85 dB, zaś szczytowy poziom dźwięku C nie przekraczał 135 dB. Oprócz ograniczenia wartości poziomu dźwięku A pod ochronnikiem słuchu wynikającego z ustalonych prawnie wartości dopuszczalnych, istnieje także dolne ograniczenie, związane z komfortem pracy w ochronnikach. Zbyt duże tłumienie dźwięku (L'_A poniżej 70 dB) może powodować u pracownika uczucie izolacji akustycznej. Tworzy to dyskomfort pracy, w efekcie może powodować odrzucenie przez pracownika (choćby chwilowe) ochronnika słuchu. Wartość poziomu dźwięku A i C pod ochronnikiem słuchu oblicza się na podstawie zmierzonych wielkości hałasu na stanowisku pracy oraz parametrów ochronnika słuchu, podanych w informacji dla użytkownika.

Metody doboru ochronników słuchu wyróżnia różny stopień dokładności szacowania poziomu dźwięku A pod ochronnikiem (rys. 4). Opierają się na różnych danych pomiarowych

wielkości hałasu na stanowisku pracy oraz różnych parametrach akustycznych ochronników słuchu.



Rys. 4. Metody doboru ochronników słuchu

Metoda pasm oktawowych (dokładna)

Pozwala na dokładne wyznaczenie redukcji hałasu ochronnika słuchu. Metoda wymaga wyznaczenia

- wartości poziomu ciśnienia akustycznego hałasu na stanowisku pracy w pasmach oktawowych w zakresie 125 – 8000Hz,
- wartości średniego tłumienia dźwięku,
- wartości odchylenia standardowego w pasmach oktawowych rozpatrywanego ochronnika słuchu.

Tłumienie dźwięku stosowane w tej metodzie jest to parametr ochronników słuchu wyznaczony w procesie ich certyfikacji. Wartość średnia tłumienia dźwięku wraz z odchyleniem standardowym podawana jest w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 125 – 8000Hz.

Poziom dźwięku A pod ochronnikiem słuchu oblicza się wg wzoru:

$$L'_A = 10 \log \sum_{f=125}^{8k} 10^{0,1(L_f + K_{Af} - (m_f - L_{sf}))}$$

gdzie:

f – częstotliwość środkowa pasma oktawowego 125 – 8000Hz,

L_f – poziom ciśnienia akustycznego w paśmie oktawowym o częstotliwości środkowej f w dB,

K_{Af} – wartość poprawki korekcyjnej według charakterystyki ważenia A,

m_f – średnie tłumienie dźwięku ochronnika słuchu (wg informacji dla użytkownika) w dB,

L_{sf} – odchylenie standardowe (wg informacji dla użytkownika) w dB.

Metoda HML (przybliżona)

Wymaga w pierwszej kolejności oszacowania różnicy poziomów dźwięku C i A hałasu na stanowisku pracy oraz znajomości trzech wartości tłumienia:

- H – tłumienie hałasu wysokoczęstotliwościowego,
- M – tłumienie hałasu średniczęstotliwościowego,

- L – tłumienie hałasu niskoczęstotliwościowego.

Parametry te wyznaczają wartość redukcji poziomu dźwięku A przy błonie bębenkowej ucha po zastosowaniu ochronników słuchu.

Dla różnicy poziomów dźwięku C i A nie większej od 2dB, przewidywaną redukcję hałasu PNR (predicted noise level reduction) należy wyznaczyć wg wzoru:

$$PNR = M - \frac{H - M}{4}(L_C - L_A - 2dB)$$

Natomiast dla różnicy większej niż 2dB należy skorzystać ze wzoru:

$$PNR = M - \frac{H - L}{8}(L_C - L_A - 2dB)$$

gdzie:

M – tłumienie hałasu średniczęstotliwościowego (informacje podane w karcie produktu),

H – tłumienie hałasu wysokoczęstotliwościowego (informacje podane w karcie produktu),

L – tłumienie hałasu niskoczęstotliwościowego (informacje podane w karcie produktu),

L_C – poziom dźwięku C na stanowisku pracy w dB,

L_A – poziom dźwięku A na stanowisku pracy w dB.

Następnie, do wyznaczenia poziomu dźwięku A pod ochronnikiem słuchu (L'_A), należy zastosować wzór:

$$L'_A = L_A - PNR$$

gdzie:

L_A – poziom dźwięku A na stanowisku pracy w dB,

PNR – obliczona przewidywalna redukcja hałasu w dB.

Metoda SNR (szacunkowa)

Polega na znajomości parametru SNR (jednoliczbowej ocenie właściwości ochronnych ochronników słuchu) podanego w instrukcji użytkowania ochronnika słuchu, a także na wynikach pomiaru poziomu dźwięku C na stanowisku pracy. Poziom dźwięku A pod ochronnikiem słuchu wylicza się wg wzoru:

$$L'_A = L_C - SNR$$

gdzie:

L_C – poziom dźwięku C na stanowisku pracy w dB,

SNR – jednoliczbowa ocena właściwości ochronnych ochronników słuchu (informacje podane w karcie produktu) w dB.

Kontrola HML (zgrubna)

Opiera się na metodzie HML i jest jej uproszczoną wersją. Stosuje się ją jako wstępny dobór nowych ochronników słuchu lub do oceny używanych już ochronników słuchu przy np. zmianie stanowiska pracy. Nie jest wymagane obliczenie parametru PNR ani znajomość różnicy poziomów L_A i L_C . Kontrola HML polega na subiektywnym zakwalifikowaniu hałasu do jednej z dwóch grup hałasów wzorcowych ujętych w normie PN-EN 458:2006 (rys. 5). Dzięki temu można stwierdzić, czy zastosowanie danego ochronnika słuchu zredukuje poziom dźwięku A pod ochronnikiem słuchu (L'_A) do dopuszczalnego przedziału.

Tabela. Przykłady hałasów klasy HM (wg PN-EN 458:2006)

Lista przykładów 1	
Źródła hałasu średnio- i wysokoczęstotliwościowego (klasa HM)	
$L_C - L_A < 5$ dB	
- cięcie palnikiem gazowym,	- wykładzarki rolkowe,
- silniki wysokoprężne,	- prasy rotacyjne,
- maszyny cukrownicze do lukrowania,	- formierki kombinowane,
- dysze sprężonego powietrza,	- ręczne narzędzia udarowe,
- zmechanizowane urządzenia do wbijania gwoździ,	- szlifierki,
- krawędziarki,	- młoty kuźnicze,
- zawijarki,	- przędzarki,
- maszyny do napelniania butelek,	- maszyny dziewiarskie,
- okrawanie odlewów,	- przecinarki z tarczą ścierną,
- obrabiarki do drewna,	- krosna zmechanizowane,
- pompy hydrauliczne,	- wirówki
- wykładzarki wysokoobrotowe,	

Tabela. Przykłady hałasów klasy L (wg PN-EN 458:2006)

Lista przykładów 2	
Źródła hałasu niskoczęstotliwościowego (klasa L)	
$L_C - L_A \geq 5$ dB	
- koparki,	- sprężarki tłokowe,
- agregaty prądotwórcze,	- przetwornice,
- elektryczne piece do wytopu,	- piece odlewnicze,
- spalarki,	- ciśnieniowe maszyny odlewnicze,
- piece do wyżarzania,	- sprzęt do robót ziemnych,
- wielkie piece,	- czyszczarki pneumatyczne
- kruszarki,	

Rys. 5. Podział hałasów na klasy częstotliwościowe [12]

Do obliczeń poziomu dźwięku A pod ochronnikiem słuchu należy skorzystać ze wzorów podanych poniżej.

Dla źródła hałasu niskoczęstotliwościowego (klasa L):

$$L'_A = L_A - L$$

Dla źródła hałasu średniczęstotliwościowego (klasa HM):

$$L'_A = L_A - M$$

Dla źródła hałasu wysokoczęstotliwościowego (klasa HM):

$$L'_A = L_A - H$$

gdzie:

L_A – poziom dźwięku A na stanowisku pracy w dB,

L – tłumienie hałasu niskoczęstotliwościowego (informacje podane w karcie produktu),

M – tłumienie hałasu średniczęstotliwościowego (informacje podane w karcie produktu),

H – tłumienie hałasu wysokoczęstotliwościowego (informacje podane w karcie produktu).

Gdy wartość (L'_A) dla zastosowanych obliczeń zawiera się pomiędzy 85dB, a 70dB to ochrona słuchu pracownika przed hałasem jest wystarczająca.

Gdy wartość (L'_A) dla hałasu niskoczęstotliwościowego przekracza 85dB należy zastosować ochronniki o większym tłumieniu, natomiast gdy jego wartość jest poniżej 70dB to należy wybrać ochronniki o mniejszym tłumieniu.

Gdy wartość (L'_A) dla hałasu średniczęstotliwościowego przekracza 85dB lub gdy jego wartość jest poniżej 70dB to należy przeprowadzić obliczenia dla hałasu wysokoczęstotliwościowego.

Gdy wartość (L'_A) dla hałasu wysokoczęstotliwościowego przekracza 85dB należy zastosować ochronniki o większym tłumieniu, natomiast gdy jego wartość jest poniżej 70dB to należy wybrać ochronniki o mniejszym tłumieniu.

Ćwiczenie laboratoryjne

Na zajęciach studenci będą mieli na zadanie dobrać odpowiednie ochronniki słuchu do hałasu na stanowisku pracy wskazanym przez prowadzącego. Przy użyciu sonometru należy zmierzyć odpowiednie wartości hałasu na wyznaczonym stanowisku i skorzystać ze wszystkich metod doboru ochronników słuchu opisanych w instrukcji. Następnie należy porównać uzyskane wyniki.

Literatura

- [1] Dz. U. 2005, nr 157, poz. 1318
- [2] Dz. U. 2011, nr 33, poz. 166
- [3] Dz. U. 2002, nr 217, poz. 1833
- [4] Materiały szkoleniowe CIOP-PIB, *Hałas w środowisku pracy – zagrożenia i profilaktyka*.
- [5] Dz. U. 2004, nr 200, poz. 2047
- [6] Dz. U 2002, nr 136 poz. 1145
- [7] PN-ISO 9612:2011
- [8] PN-86/N-01338
- [9] Engel Z.: *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 1993.
- [10] Makarewicz G.: *Wybrane cyfrowe systemy aktywnej redukcji hałasu*, CIOP, Warszawa 2002.
- [11] Dz. U 1996, nr 69, poz. 332
- [12] PN-EN 458:2006