

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Bożena Smagowska

**Wytyczne do ograniczania zagrożenia hałasem
emitowanym przez nietechnologiczne źródła
ultradźwiękowe**



Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego / Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Lp.	Spis treści	Str.
1.	Nietechnologiczne źródła hałasu ultradźwiękowego.....	3
2.	Wielkości charakteryzujące hałas ultradźwiękowy, wartości dopuszczalne.....	5
3.	Metoda oceny hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach pracy	6
4.	Metoda oceny ryzyka zawodowego wynikające z zagrożenia hałasem ultradźwiękowym.....	7
5.	Metody ograniczania zagrożenia hałasem ultradźwiękowym.....	8
	a) działania techniczne.....	
	b) działania organizacyjne.....	9
	c) profilaktyka lekarska.....	10

1. Nietechnologiczne źródła hałasu ultradźwiękowego

Hałas, w którego widmie występują składowe o wysokich częstotliwościach słyszalnych (10-16kHz) i niskich ultradźwiękowych (20 - 100 kHz) nazywa się hałasem ultradźwiękowym. Według istniejącego w Polsce stanu prawnego hałas ultradźwiękowy w środowisku pracy jest uznawany za czynnik szkodliwy, powodujący zagrożenie dla zdrowia pracowników. Zgodnie z rozporządzeniem ministra pracy i polityki społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. ocenę narażenia na hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy ze względu na ochronę zdrowia (wartości NDN) pracowników w Polsce, przeprowadza się w zakresie częstotliwości od 10 kHz do 40 kHz.

Źródłami hałasu ultradźwiękowego w środowisku pracy są przede wszystkim maszyny i urządzenia stosowane w celu realizacji lub usprawnienia określonych procesów produkcyjnych. Generują one drgania ultradźwiękowe o częstotliwości znamionowej od 16 kHz do 40 kHz i zwane są **technologicznymi** źródłami hałasu ultradźwiękowego. W większości tych urządzeń w nazwie posiada określenie „ultradźwiękowe”. Do grupy technologicznych urządzeń ultradźwiękowych zalicza się m.in.: myjki ultradźwiękowe, zgrzewarki ultradźwiękowe (tworzyw sztucznych, metali oraz materiałów trudno zgrzewalnych) drążarki ultradźwiękowe, ręczne lutownice ultradźwiękowe, tygle ultradźwiękowe i wanny do cynowania, maszyny do obróbki tkanin (dżetownice, koronkarki, pikowarki), jednostki dentystyczne do czyszczenia kamienia nazębnego, tzw. skalery, oraz gilotyny ultradźwiękowe, noże czy kurtyny ultradźwiękowe.

Poza wymienionymi wyżej urządzeniami, w których drgania ultradźwiękowe są czynnikiem roboczym wykorzystywanym w procesie technologicznym, hałas ultradźwiękowy powstaje także jako niezamierzony skutek pracy wielu maszyn i urządzeń, czyli tzw. **nietechnologicznych** źródeł hałasu ultradźwiękowego. Urządzenia te nie mają w swojej nazwie określenia „ultradźwiękowe”, a ich identyfikacja jako potencjalnych źródeł hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach pracy jest trudna, ponieważ składowe ultradźwiękowe nie są słyszalne. W widmie hałasu emitowanego przez te urządzenia występują znaczne poziomy ciśnienia akustycznego z zakresu wysokich częstotliwości słyszalnych, określanych przez osoby eksponowane na ten czynnik, jako dźwięki: piszczące, gwizdzące i świszczące.

Z nielicznych danych literaturowych wynika, że obecność składowych ultradźwiękowych o znacznych poziomach ciśnienia akustycznego stwierdzono w otoczeniu

urządzeń, podczas pracy których występują zjawiska o charakterze aerodynamicznym (I grupa) lub mechanicznym (II grupa), a także np. podczas spawania czy ciecienia plazmą.

Do pierwszej grupy urządzeń (przy pracy których występują zjawiska o charakterze aerodynamicznym) można zaliczyć m.in.: sprężarki, prasy, palniki, zawory i narzędzia pneumatyczne (w tym np. ręczne narzędzia pneumatyczne, klucze pneumatyczne, szlifierki). W odniesieniu do pras (wulkanizacyjnych) poziom emitowanego hałasu w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej 10 kHz (pasmo, w którym występują najwyższe dla tego rodzaju maszyn poziomy) oscyluje wokół 83 dB. Na stanowiskach pracy czyszczenia detali, podczas stosowania zaworów ze sprężonym powietrzem, równoważny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych: 10 kHz; 12,5 kHz i 16 kHz zawiera się w zakresie 90 ÷ 98 dB. W grupie takich narzędzi pneumatycznych, jak: ubijaki formierskie, klucze pneumatyczne i szlifierki, równoważny poziom ciśnienia akustycznego, głównie w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej 10 kHz, waha się od 85 do 92 dB. Natomiast podczas pracy z użyciem młotków pneumatycznych i sprężarek wartość tego parametru w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10 kHz; 12,5 kHz i 16 kHz zawiera się w zakresie 100 ÷ 115 dB .

Do drugiej grupy urządzeń, (w których źródłem ultradźwięków są procesy mechaniczne) można zaliczyć m.in.: wysokoobrotowe: strugarki, frezarki, szlifierki, piły tarczowe, niektóre maszyny włókiennicze (np. krosna, przędzarki, rozciągarki, skręcarki, przewijarki i zgrzeblarki). W przypadku maszyn do obróbki mechanicznej tj. strugarek do drewna i frezarek - równoważny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych: 10 kHz i 12,5 kHz dochodzi do 98 dB. W przypadku szlifierek (kątowych) i młotów kowalskich (1500 i 2000 kG) równoważny poziom ciśnienia akustycznego w paśmie tercjowym o częstotliwości środkowej 10 kHz wynosi ok. 91 dB .W grupie pił tarczowych i poprzecznych do drewna oraz taśmowych do metalu, równoważny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych: 10 kHz; 12,5 kHz i 16 kHz zawiera się w zakresie 95 ÷ 100 dB. W grupie maszyn włókienniczych (np. krosien, przędzarek, rozciągarek, skręcerek, przewijarek i zgrzeblarek) równoważne poziomy ciśnienia akustycznego wahają się w granicach 80 ÷ 90dB a maksymalne największe wartości poziomów notuje się w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych: 10 kHz; 12,5 kHz i 16 kHz.

Ponadto znaczne poziomy ciśnienia akustycznego w zakresie hałasu ultradźwiękowego występują podczas procesu spawania (72 dB) i ciecienia plazmą (87 dB).

2. Wielkości charakteryzujące hałas ultradźwiękowy, wartości dopuszczalne

Pomiary hałasu ultradźwiękowego przeprowadza się wyznaczając następujące wielkości fizyczne charakteryzujące hałas ultradźwiękowy:

- równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych: 10 kHz, 12,5 kHz, 16 kHz, 20 kHz, 25 kHz, 31,5 kHz i 40 kHz, odniesione do 8-godzinnego dnia pracy, $L_{feq,8h}$ (lub do tygodnia pracy $L_{feq,w}$ - w przypadku oddziaływania hałasu ultradźwiękowego na organizm człowieka w sposób nierównomierny w poszczególnych dniach w tygodniu lub gdy pracownik pracuje inną liczbę dni w tygodniu niż 5);
- maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych: 10 kHz, 12,5 kHz, 16 kHz, 20 kHz, 25 kHz, 31,5 kHz i 40 kHz, $L_{f,max,d}$ w czasie dnia pracy (lub tygodnia pracy $L_{f,max,w}$).

W tabelach poniżej: 1,2 i 3 podano dopuszczalne wartości hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach pracy dla ogółu pracowników oraz w przypadku zatrudnienia grup szczególnego ryzyka: kobiet w ciąży i młodocianych.

Tabela 1. Dopuszczalne równoważne poziomy ciśnienia akustycznego na stanowisku pracy, odniesione do 8-godzinnej lub tygodniowej ekspozycji na hałas i maksymalne dopuszczalne poziomy ciśnienia akustycznego, w tercjowych pasmach częstotliwości dla ogółu pracowników

Częstotliwości tercjowych pasm częstotliwości f ; kHz	Dopuszczalne poziomy ciśnienia akustycznego $L_{feq,8h, dop}$ lub $L_{feq,w, dop}$ dB	Dopuszczalne maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego $L_{f,max,d, dop}$ lub $L_{f,max,w, dop}$ dB
10; 12,5; 16	80	100
20	90	110
25	105	125
31,5; 40;	110	130

Tabela 2. Dopuszczalne równoważne poziomy ciśnienia akustycznego na stanowisku pracy, odniesione do 8-godzinnej lub tygodniowej ekspozycji na hałas i maksymalne dopuszczalne poziomy ciśnienia akustycznego, w tercjowych pasmach częstotliwości w przypadku zatrudniania kobiet w ciąży.

Częstotliwości środkowe tercjowych pasm częstotliwości f , kHz	Dopuszczalne równoważne poziomy ciśnienia akustycznego $L_{feq,8h, dop}$ lub $L_{feq,w, dop}$ dB	Dopuszczalne maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego $L_{f max, db, dop}$ lub $L_{f max, w, dop}$ dB
10; 12,5; 16	77	100
20	87	110
25	102	125
31,5; 40;	107	130

Tabela 3. Dopuszczalne równoważne poziomy ciśnienia akustycznego na stanowisku pracy, odniesione do 8-godzinnej lub tygodniowej ekspozycji na hałas i maksymalne dopuszczalne poziomy ciśnienia akustycznego, w tercjowych pasmach częstotliwości w przypadku zatrudniania pracowników młodocianych.

Częstotliwości środkowe tercjowych pasm częstotliwości f , kHz	Dopuszczalne równoważne poziomy ciśnienia akustycznego $L_{feq,8h, dop}$ lub $L_{feq,w, dop}$ dB	Dopuszczalne maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego $L_{f max, db, dop}$ lub $L_{f max, w, dop}$ dB
10; 12,5; 16	75	100
20	85	110
25	100	125
31,5; 40;	105	130

3. Metoda oceny hałasu ultradźwiękowego na stanowiskach pracy

Jednym z rodzajów szacowania ryzyka utraty zdrowia przez pracowników narażonych na czynniki szkodliwe jest ocena ryzyka zawodowego oparta na kryteriach NDN. Ocena ekspozycji na hałas ultradźwiękowy przeprowadza się porównując wyznaczone z pomiarów wartości poziomu ciśnienia akustycznego z wartościami dopuszczalnymi. Pomiary hałasu ultradźwiękowego, dla potrzeb oceny narażenia pracownika na danym stanowisku pracy na ten rodzaj hałasu, przeprowadza się w typowych dla tego stanowiska miejscach przebywania pracownika, z uwzględnieniem wszystkich wykonywanych przez niego czynności oraz standardowych warunków eksploatacji narzędzia, maszyny czy urządzenia będącego źródłem tego hałasu.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. do przeprowadzania badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (w tym

pomiarów i oceny narażenia na hałas) upoważnione są przede wszystkim laboratoria badawcze posiadające akredytację zgodnie z Ustawą z dnia 30 sierpnia 2002r. o systemie oceny zgodności. Laboratoria te powinny posiadać akredytację Polskiego Centrum Akredytacji i mieć wdrożony system zarządzania zgodny z PN-EN ISO/IEC 17027:2005+Ap1:2007. Na stronie internetowej Polskiego Centrum Akredytacji (<http://www.pca.gov.pl>) zamieszczony jest wykaz akredytowanych laboratoriów badawczych. W przypadku braku jednostek ww. badania i pomiary hałasu wykonują:

- laboratoria szkół wyższych, instytutów naukowych Polskiej Akademii Nauk lub instytutów badawczych, które prowadzą badania i pomiary czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy i mają wdrożony system zapewnienia jakości lub
- laboratoria Państwowej Inspekcji Sanitarnej, Wojskowej Inspekcji Sanitarnej i Państwowej Inspekcji Sanitarnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji - jeśli mają wdrożony system zapewnienia jakości lub laboratoria prowadzone przez jednostki organizacyjne lub osoby fizyczne, które uzyskały certyfikat kompetencji w zakresie wykonywania badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (na podstawie przepisów ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności), dysponujące aparaturą do badań i pomiarów tych czynników, która podlega udokumentowanemu nadzorowi metrologicznemu obejmującemu okresowe wzorcowania lub sprawdzania i konserwację

4. Metoda oceny ryzyka zawodowego wynikającego z zagrożenia hałasem ultradźwiękowym

Jednym z rodzajów szacowania ryzyka utraty zdrowia przez pracowników narażonych na czynniki szkodliwe jest ocena ryzyka zawodowego oparta na kryteriach NDN. Ryzyko zawodowe, będące następstwem narażenia na hałas ultradźwiękowy na danym stanowisku pracy, jest określane na podstawie wyznaczonej dla tego stanowiska krotności finalnej. Krotność tą (o największej wartości) określa się w oparciu o krotności cząstkowe określane w ww. tercjach pasmach częstotliwości o częstotliwościach środkowych f :

- równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy, $L_{feq,8h}$, w stosunku do wartości dopuszczalnej, $L_{feq,8h,dop} - k_{L_{feq,8h}}$
- maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego, L_{fmax} , w stosunku do wartości dopuszczalnej, $L_{fmax,dop} - k_{L_{fmax}}$

Krotność $k_{L_{feq,8h}}$ określa się ze wzoru (1):

$$k_{L_{feq,8h}} = 10^{\left(L_{feq,8h} - L_{feq,8h,dop} \right) / 20} \quad (1)$$

Krotność $k_{L_{fmax}}$ określa się ze wzoru (2):

$$k_{L_{fmax}} = 10^{\left(L_{fmax} - L_{fmax,dop} \right) / 20} \quad (2)$$

Zgodnie z wytycznymi do oceny ryzyka zawodowego podanymi w normie PN-N-18002 i po uwzględnieniu skali trójstopniowej, przyjmuje się dla hałasu ultradźwiękowego, że jeżeli wyznaczona dla stanowiska pracy krotność finalna osiąga następujące wartości:

- $k < 0,5$ - ryzyko wystąpienia niekorzystnych dla zdrowia pracowników następstw ekspozycji na hałas ultradźwiękowy na tym stanowisku jest *małe dopuszczalne*
- $0,5 \leq k \leq 1$ - ryzyko zawodowe związane z ekspozycją na hałas ultradźwiękowy jest *średnie dopuszczalne*
- $k > 1$ - to ryzyko związane z narażeniem na ten rodzaj hałasu jest *duże niedopuszczalne*.

5. Metody ograniczania zagrożenia hałasem ultradźwiękowym:

a) działania techniczne

Szkodliwe działanie hałasu ultradźwiękowego może być ograniczone przez podejmowanie odpowiednich działań profilaktycznych. Najlepsze rezultaty przynosi eliminacja zagrożenia hałasem ultradźwiękowym przez jego redukcję u źródła powstawania (ze względów technicznych lub ekonomicznych nie zawsze możliwe do zrealizowania). Polega ona na stosowaniu: jak najcichszych procesów technologicznych, jak najcichszych środków produkcji (zarówno typu jak i egzemplarza) oraz ograniczaniu emisji hałasu ze źródeł.

Przede wszystkim powinny być podejmowane działania w zakresie ograniczenia emisji hałasu ultradźwiękowego przez urządzenia, będące źródłem tego czynnika. Podczas stosowania należy uwzględnić takie aspekty jak: 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.

W zakresie technicznych rozwiązań powinny być stosowane ochrony zbiorowe ograniczające hałas na drodze jego propagacji. Ze względu na specyfikę hałasu ultradźwiękowego, polegającą na występowaniu narażenia głównie bezpośrednio w sąsiedztwie źródeł hałasu, najbardziej skutecznymi ochronami są osłony, obudowy ekrany akustyczne oraz tłumiki akustyczne.

Na stanowiskach obsługi źródeł hałasu ultradźwiękowego szczególnie w przypadku małych odległości pomiędzy operatorem a urządzeniem powinny być stosowane ochronniki słuchu oraz ochrony osłaniające głowę (hełmy lub przyłbice zaopatrzone w przezroczyste ekrany, np. z pleksiglasu). Ochronniki słuchu powinny być odpowiednio dobrane do widma hałasu występującego na stanowisku pracy (w tym powinny posiadać wysokie tłumienie w zakresie hałasu wysokoczęstotliwościowego). Obecnie znormalizowane metody doboru ochronników dotyczą zakresu hałasu słyszalnego. Podstawą tego doboru jest oszacowanie spodziewanego poziomu dźwięku pod ochronnikiem słuchu na podstawie parametrów tłumieniowych ochronników słuchu i wyników pomiarów hałasu na stanowisku pracy. Sposób wyboru ochronników jest zależny od rodzaju hałasu (ustalony, nieustalony, impulsowy lub udarowy). Jedną z metod doboru ochronników jest metoda orientacyjna oparta na wartościach parametrów tłumieniowych H, M i L oraz składzie widmowym hałasu. Metoda ta jest stosowana w przypadku narażenia na hałas impulsowy lub udarowy.

W wielu przypadkach przemysłowych źródeł technologicznych charakter hałasu ultradźwiękowego zbliżony jest do ww. rodzaju hałasu (np. zgrzewarek, ręcznych narzędzi pneumatycznych). W odniesieniu do zakresu hałasu ultradźwiękowego brak jest metody umożliwiającej prawidłowe ich stosowanie. Dlatego więc, preferowane są ochronniki o wysokim parametrze H (tj. powinny posiadać wysokie tłumienie w zakresie hałasu wysokoczęstotliwościowego). Ponadto należy podkreślić, że podstawowym warunkiem skuteczności ochronników przed hałasem jest nieprzerwane ich stosowanie w trakcie narażenia.

Oprócz doboru pod kątem cech akustycznych niezbędne jest uwzględnienie w procesie doboru takich cech jak: dopuszczenie ochronnika do stosowania (znak CE), komfort użytkowania, środowisko i zakres działania, przeciwwskazania zdrowotne, współdziałanie ochronnika z innymi środkami ochrony indywidualnej, takich jak hełmy, okulary, itp.

b) działania organizacyjne

Działania o charakterze organizacyjnym powinny być prowadzone równolegle ze wspomnianymi wcześniej działaniami o charakterze technicznym. W zakresie działań organizacyjnych miejsca pracy i stanowiska pracy powinny być rozmieszczone w sposób zapewniający izolację od źródła hałasu i ograniczać jednoczesne oddziaływanie innych źródeł hałasu na pracownika. Środki pracy, urządzenia, układy izolująco-tłumiące oraz inne środki ochrony zbiorowej powinny być systematycznie konserwowane.

W przypadku ekspozycji na hałas ultradźwiękowy odniesionej do 8-godzinnego czasu pracy wynoszącej powyżej wartości NDN należy stosować skrócony czas pracy lub przerwy w pracy oraz rotację pracowników na stanowiskach. W odniesieniu do źródeł hałasu ultradźwiękowego w otoczeniu których występuje wysoka emisja poziomu ciśnienia akustycznego należy określić strefy szkodliwego działania oraz w miarę możliwości ograniczyć do nich dostęp. W zależności od poziomu ciśnienia akustycznego emitowanego dźwięku należy uwzględnić (na ile jest to możliwe ze względów technologicznych) grupowanie źródeł dźwięku oraz zastosować robotyzację i automatyzację pozwalającą na odsunięciu człowieka od hałaśliwych procesów.

Pracownicy powinni odbywać szkolenia w zakresie zasad prawidłowej i bezpiecznej ich obsługi oraz w zakresie szkodliwego wpływu ultradźwięków na organizm człowieka. Poza tym powinni być poinformowani o wynikach pomiarów hałasu i zagrożenia dla zdrowia wynikającego z narażenia na hałas na danym stanowisku pracy.

c) Profilaktyka lekarska

Równie istotnym sposobem zapobiegania skutkom szkodliwego działania hałasu na człowieka w środowisku pracy jest profilaktyka lekarska. Obejmuje ona wstępne i okresowe badania lekarskie, którymi powinni być objęci pracownicy. Badania lekarskie mają na celu wyeliminowanie przy pracach w narażeniu na hałas (szczególnie wysokoczęstotliwościowy) osób, których stan zdrowia odbiega od normy, gdyż w wyniku narażenia na hałas może on ulec dalszemu pogorszeniu. Badania te mają również na celu określenie wczesnych objawów zmian chorobowych (uszkodzenia słuchu) powstających pod wpływem narażenia na hałas i niedopuszczenie do pogłębiania się choroby.

Badania wstępne obejmują: ogólnolekarskie i otolaryngologiczne oraz audiometrię tonalną (przewodnictwo powietrzne i kostne). Badania okresowe powinny być przeprowadzane nie rzadziej, niż co 2 lata w zakresie takim, jaki obowiązuje badania wstępne. W przypadku stwierdzenia odchylenia od normalnego stanu zdrowia w wyniku ekspozycji na hałas ultradźwiękowy badania należy

rozszerzyć o badania specjalistyczne np. EEG, EKG i inne. Szczególnie istotne jest monitorowanie stanu słuchu pracowników narażonych na hałas ultradźwiękowy (zwłaszcza osoby zwiększonym ryzyku zawodowym).

Pracodawca nie może dopuścić do pracy pracownika bez aktualnego orzeczenia lekarskiego stwierdzającego brak przeciwwskazań do pracy na określonym stanowisku. Przeciwwskazaniami do ekspozycji na ultradźwięki są m.in. choroby nowotworowe, gruźlica, schorzenia oczu i zaćma, choroba wrzodowa żołądka i dwunastnicy, niedokrwistość, przewlekłe organiczne schorzenia układu nerwowego, zaburzenia układu krążenia (niedokrwienie serca, zaburzenia rytmu serca), zaburzenia narządu przedsionkowego, choroby alergiczne skóry, zwapnienie naczyń, ostry gościec stawowy.

Podjęcie przedsięwzięć profilaktycznych, w celu ochrony pracowników przed hałasem ultradźwiękowym, powinno uwzględniać wyniki oceny ryzyka zawodowego wynikającego z narażenia na ten czynnik pracownika na danym stanowisku pracy oraz wyniki badań medycznych (szczególnie w przypadku łącznego działania kilku czynników szkodliwych).