

Jacek Dziurdź

Zagrożenia człowieka w środowisku pracy. Drgania i hałas.

Materiały dydaktyczne dla słuchaczy Studiów
Podyplomowych dla Nauczycieli Przedmiotów Zawodowych

Warszawa 2011



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Strona **1**

Politechnika Warszawska
Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
Studia Podyplomowe dla Nauczycieli Przedmiotów Zawodowych
02-524 Warszawa, ul. Narbutta 84, tel 22 849 43 07, 22 234 83 48
ipbmvr.simr.pw.edu.pl/spin/, e-mail: sto@simr.pw.edu.pl

Projekt okładki: Norbert SKUMIAŁ, Stefan TOMASZEK
Projekt układu graficznego tekstu: Grzegorz LINKIEWICZ
Skład tekstu: Janusz BONAROWSKI

Publikacja bezpłatna, przeznaczona dla słuchaczy Studiów Podyplomowych dla Nauczycieli Przedmiotów Zawodowych Kier. . Bezpieczeństwo i ochrona człowieka w środowisku pracy i ergonomia”

Copyright © Politechnika Warszawska, 2011.

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Spis treści

1. Podstawowe czynniki zagrożeń mogące wystąpić w środowisku pracy

2. Możliwe skutki oddziaływania hałasu i drgań mechanicznych na człowieka

2.1 Wpływ hałasu na organizm człowieka

2.2 Wpływ drgań mechanicznych na organizm człowieka

3. Możliwe skutki oddziaływania hałasu i drgań mechanicznych na człowieka

4. Metody identyfikacji zagrożeń w środowisku pracy

5. Metody eliminacji lub ograniczenia oddziaływań hałasu i drgań mechanicznych na człowieka

5.1. Zasady ochrony przed hałasem

5.2. Zasady ochrony przed drganiami mechanicznymi

6. Literatura

4.1 Literatura wykorzystana i zalecana do pracy własnej

4.2 Źródła internetowe



Wstęp

1.1. Wstęp

Hałas i drgania mechaniczne (inaczej nazywane wibracjami) są jednymi z najczęstszych zagrożeń zdrowia pracowników w środowisku pracy. Najbardziej narażeni na hałas i drgania mechaniczne są pracownicy zatrudnieni w przedsiębiorstwach zajmujących się produkcją i przetwarzaniem (zwłaszcza tkanin, metali i drewna), górnictwem i kopalnictwem, budownictwem oraz transportem. Wraz ze wzrostem uprzemysłowienia hałas i wibracje stały się powszechnym zagrożeniem, związanym między innymi z dużą liczbą różnorodnych źródeł. Zagrożenie to ma określone skutki zdrowotne, społeczne i ekonomiczne. Powoduje choroby zawodowe oraz może być przyczyną wypadków. Z tego też powodu wynika potrzeba stosowania działań zapobiegających lub ograniczających skutki oddziaływań hałasu i drgań mechanicznych na organizm człowieka.

Ze względu na duże koszty pośrednie związane z oddziaływaniem drgań i hałasu na organizm człowieka podczas pracy zaleca się prowadzenie działań profilaktycznych, mających na celu ograniczenie tego typu zagrożeń. Realizację działań przeprowadza się przez stosowanie środków zmniejszających emisję źródeł hałasu i drgań, środki ochrony zbiorowej i indywidualnej oraz przez wprowadzanie przepisów dotyczących administracyjno-prawnych metod i środków zmniejszenia oddziaływań wibroakustycznych.

Ochronę pracownika na stanowisku pracy wymusza na pracodawcy Kodeks Pracy. Podstawowymi dokumentami państwowe są akty prawne publikowane w Dzienniku Ustaw (ustawy sejmowe, rozporządzenia: ministra zdrowia i opieki społecznej, ministra pracy i polityki socjalnej, ministra ochrony środowiska, ministra infrastruktury itp.). Wprowadzają one między innymi obowiązek stosowania niektórych polskich norm i norm branżowych. Wejście Polski do Unii Europejskiej wymusiło dostosowanie przepisów i norm krajowych do wymagań europejskich. Oprócz ustawodawstwa polskiego zaczęły także obowiązywać dyrektywy europejskie. Uruchomiono proces wprowadzania i zharmonizowania polskich norm z normami europejskimi.

2

Podstawowe czynniki zagrożeń mogące wystąpić w środowisku pracy

W tym rozdziale:

- Źródła hałasu
- Źródła drgań

2.1. Źródła hałasu

Przyjmując, że głównymi źródłami hałasu występującymi na stanowisku pracy są maszyny, urządzenia lub procesy technologiczne, można wyróżnić następujące podstawowe grupy tych źródeł:

- maszyny stanowiące źródło energii, np. silniki spalinowe (maksymalne poziomy dźwięku A do 125 dB), sprężarki (do 113 dB);
- narzędzia i silniki pneumatyczne, np. ręczne narzędzia pneumatyczne: młotki, przecinaki, szlifierki (do 134 dB);
- maszyny do rozdrabniania, kruszenia, przesiewania, oczyszczania, np. młyny kulowe (do 120 dB), sita wibracyjne (do 119 dB), kruszarki (do 119 dB), kraty wstrząsowe (do 115 dB), piły tarczowe do metalu (do 115 dB);
- maszyny do obróbki plastycznej, np. młoty mechaniczne (do 122 dB), prasy (do 115 dB);
- obrabiarki skrawające do metalu, np. szlifierki, automaty tokarskie, wiertarki (do 104 dB);
- obrabiarki skrawające do drewna, np. dłutownice (do 108 dB), strugarki (do 101 dB), frezarki (do 101 dB), pilarki (do 99 dB);
- maszyny włókiennicze, np. przewijarki (do 114 dB), krosna (do 112 dB), przędzarki (do 110 dB), rozciągarki (do 104 dB), skręćarki (do 104 dB), zgrzeblarki (do 102 dB);
- urządzenia przepływowe, np. zawory (do 120 dB), wentylatory do 114 dB);

2.1. Źródła drgań

Źródłami drgań o działaniu ogólnym (tzw. drgań ogólnych), przenikających do organizmu człowieka przez nogi, miednicę, plecy lub boki są np.:

- podłogi hal produkcyjnych i innych pomieszczeń pracy oraz podesty, pomosty itp. wprawione w drgania przez eksploatowane w pomieszczeniach (lub obok nich) maszyny i urządzenia stacjonarne lub przenośne oraz przez ruch uliczny czy kolejowy;
- platformy drgające; siedziska i podłogi środków transportu (samochodów, ciągników, autobusów, tramwajów, trolejbusów oraz pojazdów kolejowych, statków, samolotów itp.); siedziska i podłogi maszyn budowlanych, np. przeznaczonych do robót ziemnych, fundamentowania, zagęszczania gruntów.

Źródłami drgań działających na organizm człowieka przez kończyny górne (tzw. drgań miejscowych) są głównie:

- ręczne narzędzia uderzeniowe o napędzie pneumatycznym, hydraulicznym lub elektrycznym (młotki pneumatyczne, ubijaki mas formierskich i betonu, nitowniki, wiertarki udarowe, klucze udarowe itp.);
- ręczne narzędzia obrotowe o napędzie elektrycznym lub spalinowym (wiertarki, szlifierki, piły łańcuchowe itp.);
- dźwignie sterujące maszyn i pojazdów obsługiwane rękami;
- źródła technologiczne (np. obrabiane elementy trzymane w dłoniach lub prowadzone ręką w czasie szlifowania, gładzenia, polerowania itp.).

Spośród wymienionych maszyn, urządzeń i narzędzi źródłami wibracji o najwyższych poziomach są ręczne narzędzia pneumatyczne.

3

Możliwe skutki oddziaływania hałasu i drgań mechanicznych na człowieka

W tym rozdziale:

- Charakter oddziaływania hałasu i drgań mechanicznych na organizm człowieka
- Wpływ hałasu na organizm człowieka
- Wpływ drgań mechanicznych na organizm człowieka

3.1 Charakter oddziaływania hałasu i drgań mechanicznych na organizm człowieka

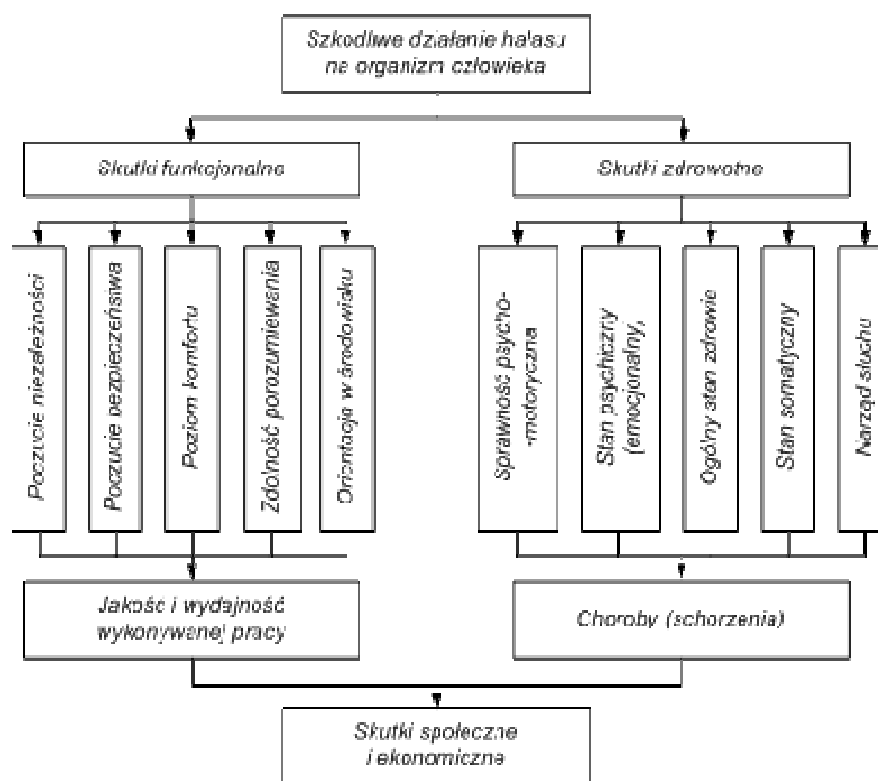
Oddziaływanie hałasu i wibracji na człowieka, oraz ewentualne tego skutki, związane są nierozdzielnie z fizyką ich powstawania i propagacji. W wyniku zaburzenia równowagi w pewnym punkcie ośrodka sprężystego jego cząstki, pobudzone do drgań, będą je przekazywać kolejnym cząstkom. Po pewnym czasie zaburzenie to dotrze do każdego punktu ośrodka. Jest to możliwe dzięki wzajemnemu przekazywaniu energii ruchu sąsiednim cząstkom. Zjawisko to nosi nazwę ruchu falowego, a procesy z tym związane nazywane są procesami wibroakustycznymi [2].

Proces ten zachodzi także pomiędzy cząstkami różnych ośrodków. Drgania układów mechanicznych pobudzają do drgań cząstki otaczającego je powietrza, w którym rozchodzą się w postaci dźwięku. Możliwy jest też proces odwrotny, w którym dźwięk pobudza do drgań ciała stałe.

Skutki wpływu hałasu i drgań mechanicznych na organizm człowieka są zależne od ilości energii, z jaką określony proces oddziałuje. Zależą również od struktury częstotliwościowej składowych procesów wibroakustycznych (wynika stąd potrzeba stosowania filtrów korekcyjnych przy analizie wpływu hałasu na organizm człowieka).

3.2 Wpływ hałasu na organizm człowieka

Nadmierny hałas oddziałujący na ciało człowieka wpływa na stan jego zdrowia, funkcje poszczególnych narządów i układów, a zwłaszcza wpływa na narząd słuchu. Hałas oddziałuje nie tylko na organ słuchu, lecz poprzez centralny układ nerwowy na inne organy. Ważne znaczenie ma wpływ hałasu na stan psychiczny, sprawność umysłową, efektywność i jakość pracy. Na rysunku 1 przedstawiono schemat wpływu hałasu na organizm człowieka.



Rys. 1. Schemat wpływu hałasu na organizm człowieka [3].

Szkodliwość, dokuczliwość, a także uciążliwość hałasu są zależne od jego cech fizycznych oraz czynników charakteryzujących te cechy w czasie, takich jak charakterystyka widmowa, wartości poziomów hałasu, częstość występowania, długość odcinków czasowych oddziaływania hałasu, charakter oddziaływania (ciągły, przerywany, impulsowy).

Narząd słuchu ma bardzo złożoną budowę. Ucho ludzkie można podzielić na trzy części:

- **Ucho zewnętrzne** składa się z małżowiny usznej oraz przewodu słuchowego zamkniętego błoną bębenkową. Zadaniem ucha zewnętrznego jest odpowiednie przeniesienie drgań rozprzestrzeniających się w powietrzu w postaci fali akustycznej do ucha środkowego. Dzięki swojej budowie pozwala na selektywne wzmacnianie docierających do ucha dźwięków, odgrywa podstawową rolę w lokalizacji źródeł dźwięku oraz pełni funkcję ochronną dla błony bębenkowej (ochrona mechaniczna, zapewnienie właściwej temperatury i wilgotności).
- **Ucho środkowe** składa się z błony bębenkowej i trzech kosteczek słuchowych: młoteczka, kowadełka i strzemiączka. Drgania błony bębenkowej przenoszone są poprzez przymocowany do niej młoteczek na kowadełko a następnie na strzemiączko, które swoją podstawą wnika do okienka owalnego stanowiącego wejście do ucha środkowego. Zadaniem ucha środkowego i znajdujących się w nim kosteczek słuchowych jest przeniesienie jak największej energii akustycznej z ośrodka powietrznego do cieczy wypełniającej ślimak będący jednym z podstawowych elementów ucha środkowego. Pełni on rolę układu dopasowującego impedancję akustyczną ośrodka powietrznego do impedancji nieściśliwego płynu znajdującego się w uchu wewnętrznym. Inną dodatkową funkcją ucha środkowego jest ochrona ucha środkowego przed zbyt silnymi dźwiękami. Kosteczki słuchowe są zawieszony za pomocą specjalnych mięśni w taki sposób, że może następować przesunięcie strzemiączka

zmniejszające sprężenie ucha środkowego z wewnętrznym jak również może następować ruch obrotowy strzemiączka przy silnym pobudzeniu błony bębenkowej. Zjawisko to nosi nazwę odruchu strzemiączkowego i zabezpiecza ucho wewnętrzne przed zbyt silnymi drganiami akustycznymi. Czas zadziałania tego mechanizmu wynosi około 150 ms natomiast czas trwania to około 1,5 s. Nie chroni on zatem przed hałasem impulsowym.

- **Ucho wewnętrzne** składa się z trzech kanałów półkolistych decydujących o zmyśle równowagi oraz spiralnie skręconego kanału zwanego ślimakiem, który zawiera komórki czuciowe wrażliwe na dźwięk. Ślimak wypełniony jest płynem i podzielony jest na dwie części przez błonę podstawną. Drgania strzemiączka przekazywane przez okienko owalne znajdujące się w podstawie ślimaka powodują przemieszczanie się cieczy, która naciska na błonę podstawną. Na błonie podstawnej znajduje się organ Cortiego z uporządkowanymi w rzędach komórkami rzęskowymi wyposażonymi w rzęski. Gdy błona podstawna wprawiana jest w ruch przez drgania cieczy wypełniającej ślimak następuje zginanie rzęsek i pobudzanie tym samym nerwu słuchowego. Wytwarzane w ten sposób impulsy nerwowe interpretowane są jako dźwięk.

Dzięki takiej budowie najśłabszy dźwięk słyszany przez człowieka posiada amplitudę 5 000 000 000 razy mniejszą od średniego ciśnienia atmosferycznego. Wychylenie błony bębenkowej jest wówczas porównywalne do wymiarów najmniejszych molekuł. Równocześnie człowiek jest w stanie tolerować ciśnienia dźwięku miliony razy większe.

Długotrwałe oddziaływanie hałasu na narząd słuchu powoduje zmiany patologiczne i fizjologiczne. Zmiany patologiczne dotyczą głównie procesu odbioru fal dźwiękowych w narządach słuchu i powodują nieodwracalne ubytki słuchu. Komórki rzęskowe narządu Cortiego zachowują swoją funkcjonalność jedynie wtedy, gdy pobudzający je bodziec fizyczny nie przekracza zakresu fizjologicznego pod względem

jakości, natężenia oraz czasu działania. Boddce fizyczne zapoczątkowują łańcuch reakcji biochemicznych, bioelektrycznych i energetycznych, przez które energia drgań akustycznych zamienia się na energię impulsów nerwowych z jednoczesnym odwzorowaniem cech bodźca. Boddce o dużym natężeniu, działające nieprzerwanie przez dłuższy czas lub działające okresowo z przerwami, powodują zmęczenie, wyczerpanie, a nawet całkowite zahamowanie aktywności komórek rzęskowych. W dalszej kolejności może nastąpić ich zanik, co w konsekwencji powoduje, że narząd Cortiego traci swoją funkcję.

Zmiany fizjologiczne, spowodowane działaniem hałasu, to przede wszystkim zjawisko maskowania. Polega ono na tym, że z kilku tonów o różnych częstotliwościach słyszymy tylko ton najsilniejszy, gdyż tony słabsze są zagłuszane.

Skutki działania hałasu na organ słuchu można podzielić na:

- uszkodzenie struktur anatomicznych narządu słuchu (perforacje i ubytki błony bębenkowej), będące zwykle wynikiem jednorazowych i krótkotrwałych ekspozycji na hałas o szczytowych poziomach ciśnienia akustycznego powyżej 130-140 dB;
- upośledzenie sprawności słuchu w postaci podwyższonego progu słyszenia w wyniku długotrwałego narażenia na hałas o równoważnym poziomie dźwięku A przekraczającym 80 dB.

Podwyższenie progu słyszalności może być odwracalne (tzw. chwilowy ubytek słuchu) lub trwałe (trwały ubytek słuchu). Rozwój trwałego ubytku słuchu ujawniają badania audiometryczne. Średni trwały ubytek słuchu, wynoszący 30 dB dla pasm oktaowych o częstotliwościach środkowych 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz po stronie ucha lepszego, po uwzględnieniu fizjologicznego ubytku związanego z wiekiem, stanowi tzw. ubytek krytyczny, będący kryterium rozpoznania i orzeczenia zawodowego uszkodzenia słuchu jako choroby zawodowej.

Oprócz zagrożeń związanych z uszkodzeniem narządu słuchu, istnieją pozasłuchowe skutki działania hałasu. Są

wynikiem powiązań drogi słuchowej z innymi układami centralnymi i wegetatywnymi. Przenoszenie bodźców od narządu Cortiego do ośrodków słuchowych w korze mózgowej oddziałuje na inne ośrodki w mózgowiu (zwłaszcza ośrodkowy układ nerwowy i układ gruczołów wydzielania wewnętrznego), a w konsekwencji na stan i funkcje wielu narządów wewnętrznych.

3.3 Wpływ drgań mechanicznych na organizm człowieka

Drgania mechaniczne, w większości przypadków, są procesami szkodliwymi. Wpływają niekorzystnie na działanie maszyn i mają ujemny wpływ na organizm człowieka. Szeroki rozwój narzędzi ręcznych, szczególnie wibrudarów, ich powszechne stosowanie w prawie każdej dziedzinie życia, przemysłu i gospodarki oraz wzrost liczby środków transportu spowodowały, że oddziaływanie wibracji stało się masowe.

Drgania przenoszone są od różnych źródeł (maszyn, urządzeń) przez elementy konstrukcji budynków oraz maszyn, co sprawia, że szkodliwym oddziaływaniami drgań mechanicznych podlegają w różnym stopniu wszyscy. Szczególnie niebezpieczne jest oddziaływanie drgań na niektórych stanowiskach pracy. Podczas wykonywania różnych prac lub czynności, człowiek mający kontakt z urządzeniami, maszynami, środkami transportu lub układami sterowania podlega działaniu wibracji na swój organizm.

Skuteczne zapobieganie skutkom działania drgań mechanicznych na człowieka wymaga znajomości charakterystyk dynamicznych ciała ludzkiego. Badanie zagadnień drganiowych w układzie człowiek–maszyna jest procesem złożonym. Układ ten ma złożoną strukturę dynamiczną i jest układem nieliniowym, stochastycznym i niestacjonarnym, zawierającym parametry zmieniające się z czasem. Zachodzi także sprzężenie zwrotne w tym układzie.

Badanie wpływu drgań na organizm można rozpatrywać z różnych punktów widzenia:

- a) Wartości parametrów opisujących drgania, a mianowicie częstotliwości, amplitud przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń, przebiegu i czasu ich trwania (wartości te określone są na ogół w miejscu odbioru drgań przez człowieka) oraz kierunku działania wibracji.
- b) Miejsca przekazywania drgań na człowieka i pozycji odbioru, a mianowicie w pozycji stojącej przekazywane przez stopy i kończyny górne, w pozycji siedzącej przez biodra oraz w pozycji leżącej przekazywane głównie przez plecy. Działanie wibracji, ze względu na kontakt człowieka z elementem drgającym dzielimy na drgania ogólne i drgania miejscowe. Drgania ogólne są to drgania mechaniczne przenoszone do organizmu człowieka poprzez nogi, miednicę (biodra), plecy boki. Drgania miejscowe są to drgania mechaniczne przenoszone na kończyny górne.
- c) Indywidualnych cech fizjologicznych oraz psychicznych człowieka, jak np. wiek, wzrost, budowa, masa, płeć, stan zdrowia, pobudliwość nerwowa, stan psychiczny itp.

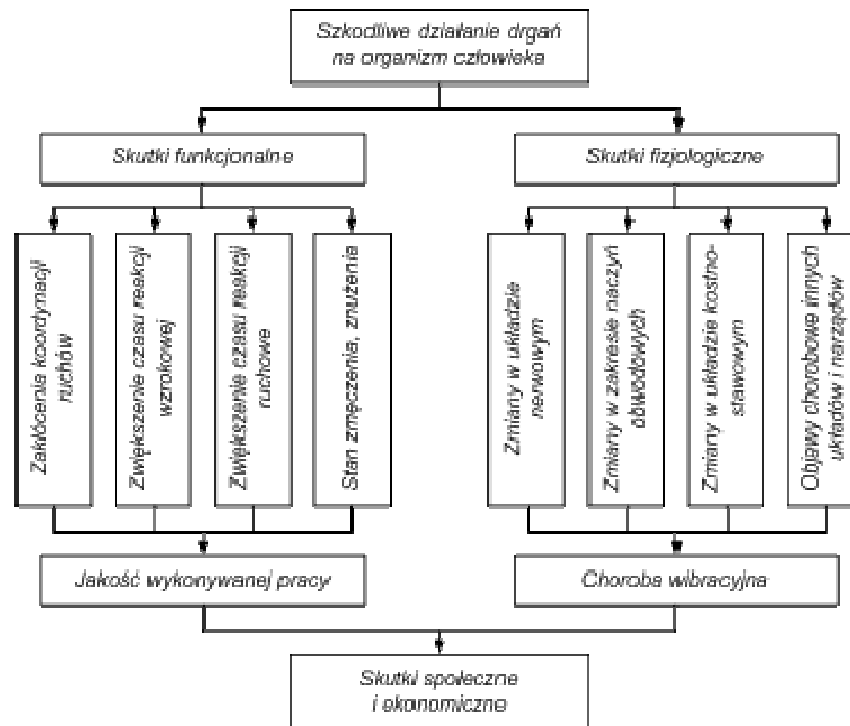
Częstotliwości drgań własnych większości narządów człowieka wahają się w granicach 3÷25 Hz np.: częstotliwości drgań własnych głowy wynoszą 4 Hz i 25 Hz, szczęki 6÷8 Hz, narządów klatki piersiowej 5÷8 Hz, kończyn górnych 3 Hz, narządów jamy brzusznej 4,5÷10 Hz, pęcherza moczowego 10÷18 Hz, kończyn dolnych 5 Hz. Wartości tych częstotliwości określone zostały statystycznie na podstawie wielu długotrwałych badań.

Wpływ drgań na organizm ludzki rozpatrywany może być z dwóch punktów widzenia:

- ze względu na stan funkcjonalny,
- ze względu na stan fizjologiczny.

Drgania mechaniczne powodują u człowieka silny stres, który wpływa równocześnie na wszystkie narządy człowieka. Pobudzają wszystkie mechanoreceptory skóry i

innych tkanek, dzięki czemu przenoszą do ośrodkowego układu nerwowego określone informacje, powodujące odruchowe reakcje organizmu.



Rys. 2. Schemat wpływu drgań na organizm człowieka [3].

W wyniku długotrwałego oddziaływania drgań mechanicznych dochodzi w organizmie człowieka do powstania nieodwracalnych zmian w różnych narządach i układach. Zmiany te można podzielić na:

- zmiany ostre, występujące w czasie trwania ekspozycji i nie długo po jej zakończeniu; Polegają one na określonych zmianach zachowania się całego organizmu traktowanego jako układ mechaniczny o określonych masach, właściwościach sprężystych i dyssypacyjnych, przy określonych kierunkach działania drgań wymuszających, powodujących niekiedy drgania rezonansowe.

- zmiany chroniczne występujące na skutek długotrwałego działania drgań o dużym natężeniu.

Następujące często przekroczenia granic obciążalności ustroju, wyczerpują jego mechanizmy adaptacyjne oraz uniemożliwiają kompensowanie wywołanych odchyłeń. W wyniku tego następują określone zaburzenia zdrowotne. Zespół tych zmian, bardzo różnorodnych, nazywamy chorobą wibracyjną. Związane są z nią objawy patologiczne, pochodzące od układów: kostno-stawowego, krążenia, nerwowego i innych, spowodowane znacznie wcześniejszymi zaburzeniami prawidłowej czynności komórek. Najczęściej spotykanymi zaburzeniami w organizmie człowieka powstałymi na skutek działania drgań są:

- a) Zaburzenia w układzie kostno-stawowym. Zmiany w układzie kostno-stawowym powstają głównie na skutek działania drgań o częstotliwościach mniejszych od 30 Hz, ale znane są również przypadki zaburzeń wywołane drganiami o wyższych częstotliwościach. Zmiany patologiczne zaobserwowane w organizmie człowieka występują na ogół w pobliżu miejsca działania drgań. W przypadku działania drgań miejscowych, co występuje np. przy posługiwaniu się ręcznymi narzędziami mechanicznymi, zaobserwowano zmiany w kościach i stawach kończyn górnych, aż do stawu barkowego włącznie. Natomiast w przypadku drgań ogólnych tj. przenoszonych z podłoża lub siedziska na ciało (np. u kierowców ciągników), przy częstotliwościach wahających się w granicach 6÷12 Hz i amplitudach przemieszczeń 3÷5 mm stwierdzono zmiany wzdłuż kręgosłupa w obrębie stawów międzykręgowych. Uważa się, że zmiany zachodzące w układzie kostno-stawowym spowodowane są zaburzeniami krążenia krwi w obszarze ciała poddanego działaniu drgań.
- b) Układ krążenia. Zaburzenia w układzie krążenia są wywołane na ogół drganiami o częstotliwościach powyżej 30 Hz. Początkowa reakcja układu krążenia na działanie drgań ma charakter odruchowy i jest wyrazem aktywności ośrodkowego układu nerwowego, ze szczególnym pobudzeniem układu wegetatywnego.

Niekiedy po kilku tygodniach pracy narzędziem mechanicznym powstają zmiany naczyniowe. Zasadnicze objawy powstają w obszarze ciała stykającego się ze źródłem drgań. W większości przypadków narzędziami kontaktującymi się ze źródłem drgań (narzędzia mechaniczne) są kończyny górne, dlatego też zmiany stwierdza się w koniuszkach palców oraz w dłoniach. Inne objawy to odczucie bólu oraz napadowe zbiegnięcie skóry palców, spowodowane nagłym niedokrwieniem, wzbudzone najczęściej działaniem wilgoci i zimna. Przy kontakcie z drganiami o częstotliwości 70÷200 Hz i niewielkiej amplitudzie może powstać tzw. nerwica naczyniowa. Obserwuje się również obniżenie ciśnienia tętniczego, obniżenie temperatury rąk, zwolnienie szybkości rozchodzenia się fali tętna wzdłuż dużych naczyń.

- c) Zaburzenia w układzie mięśniowym. Mięśnie zaangażowane są w sposób czynny w amortyzację drgań. Towarzyszą temu zakłócenia wielu narządów i układów, które zapewniają właściwe zaopatrzenie mięśni w tlen i substancje odżywcze, usuwają produkty wysiłkowej przemiany materii itp. Zaangażowanie układu mięśniowego w czasie działania drgań może doprowadzić do zmian w czynności bioelektrycznej mięśni. Zmiany te uzależnione są od parametrów drgań: częstotliwości, amplitudy, prędkości i przyspieszenia. Krótkotrwałe działania drgań o małych częstotliwościach aktywizują czynność mięśni, długotrwałe mogą ją zahamować. Przy częstotliwości ok. 50 Hz występuje maksymalne natężenie czynności bioelektrycznej.
- d) Układ nerwowy. U osób narażonych na działanie wibracji obserwuje się zaburzenia w układzie nerwowym, które objawiają się między innymi zaburzeniami czucia, drętwieniem i mrowieniem palców. Wiele osób skarży się na ból i zawroty głowy, bezsennaść, rozdrażnienie, osłabienie pamięci.

Działanie drgań mechanicznych powoduje jeszcze wiele innych zaburzeń, jak np. biochemiczne zmiany w zakresie składu jakościowego i ilościowego elementów morfotycznych krwi obwodowej, zmiany w szpiku kostnym. Wibracje wywierają również wpływ na zjawisko dziedziczności.

4

Metody identyfikacji zagrożeń drganiowo- hałasowych w środowisku pracy

W tym rozdziale:

- Fizyczne parametry sygnałów wibroakustycznych
- Opis sygnałów harmoniczných

4.1 Fizyczne parametry sygnałów wibroakustycznych

Dokładna znajomość parametrów drgań i hałasu występujących w środowisku pracy oraz życia człowieka stanowi podstawę oceny zagrożenia hałasem i drganiami. Są też podstawą wszelkich działań mających na celu ochronę środowiska przed tego typu „zanieczyszczeniami”.

Poznanie tych parametrów może nastąpić w wyniku badań doświadczalnych (pomiarów). Wyznaczenie fizycznych parametrów sygnału wibroakustycznego na drodze pomiarowej pozwala określić ich wpływ na cechy psychofizyczne człowieka przebywającego w określonym miejscu środowiska.

Ruch drgający (drżania) odznaczają się trzema związanymi między sobą wielkościami zmiennymi w czasie: przesunięciem x , prędkością v oraz przyspieszeniem a . Ponieważ te wielkości są ze sobą matematycznie powiązane, wybór jednej z nich jest tylko kwestią wygody (lub możliwości pomiaru). Dla ruchu harmonicznego prostego (jedna składowa harmoniczna) o amplitudzie wychylenia A i częstotliwości f zależności te są następujące:

$$x(t) = A \cos(2\pi f t + \varphi_0)$$

$$v(t) = \dot{x}(t) = -A 2\pi f \sin(2\pi f t + \varphi_0)$$

$$a(t) = \ddot{x}(t) = -A 4\pi^2 f^2 \cos(2\pi f t + \varphi_0)$$

Analizując dowolną wielkość ruchu drgającego zawsze uzyskamy taką samą informację o częstotliwości badanego zjawiska, a zależność amplitud poszczególnych wielkości związana jest z częstotliwością. Ze względu na proporcjonalność kwadratu wartości skutecznej przyspieszenia ruchu do energii, układy pomiarowe zawierają najczęściej w swoim torze czujniki przyspieszeń drgań.

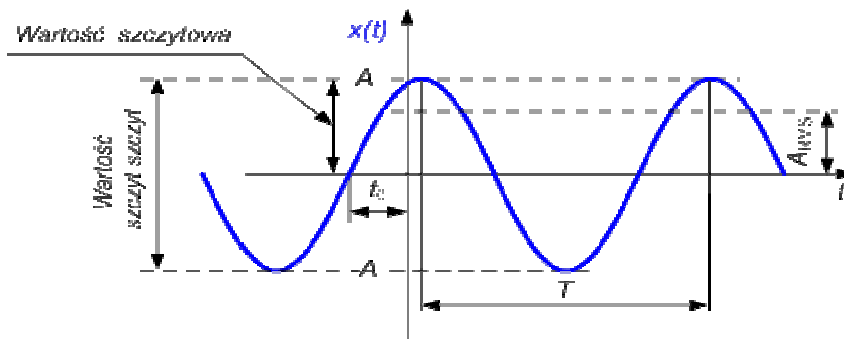
Oprócz ruchu prostego spotykamy się często z ruchem złożonym, na który składają się harmoniczne o różnych częstotliwościach. Dodatkowo możemy spotkać się ze

zjawiskami losowymi. W praktyce, drgań złożonych nie da się analizować jako funkcji czasu, jeżeli chcemy uzyskać informacje określające ilość, charakter i częstotliwości składowych. Rozkładanie złożonego przebiegu ruchu drgającego na drgania składowe i znajdowanie składników częstotliwościowych nazywamy analizą widmową (częstotliwościową). Przebieg amplitud w zależności od częstotliwości nazywamy widmem amplitudowym.

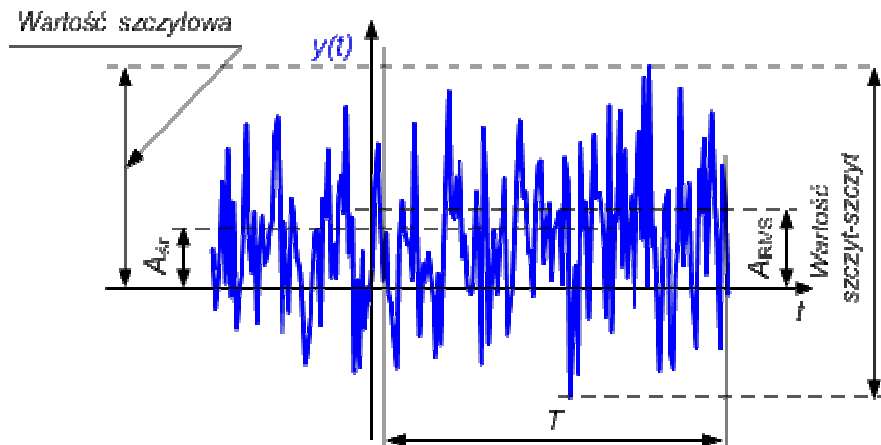
Podobne analizy wykonuje się przy pomiarach hałasu. Podstawową wielkością jest w tym wypadku zmiana ciśnienia dynamicznego (pomija się ciśnienie statyczne), którego kwadrat wartości skutecznej jest proporcjonalny do energii.

4.2 Opis sygnałów harmonicznyc

Na rysunku 3 przedstawiono podstawowe pojęcia związane z opisem sygnałów harmonicznyc, a na rysunku 4 z opisem sygnałów losowych. Dyrektywa 2000/54/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 września 2000 r. (Directive 2000/54/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on the protection of workers from risks related to exposure to biological agents at work) w sprawie ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie czynników biologicznych w miejscu pracy określa obowiązki pracodawcy w zakresie ochrony pracowników przed działaniem czynników biologicznych.



Rys. 3. Podstawowe pojęcia związane z opisem przebiegów czasowych sygnałów harmonicznyc.



Rys. 4. Podstawowe pojęcia związane z opisem przebiegów czasowych sygnałów losowych.

Podstawowe wartości możliwe do wyznaczenia z przebiegu czasowego badanej wielkości fizycznej:

- a. Wartość średnia:

$$A_{sr} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

gdzie: T jest jednym okresem funkcji okresowej lub czasem uśredniania dla funkcji nieokresowej (np. ustawianym w przyrządzie pomiarowym zgodnie z normą). Dotyczy to wszystkich wielkości uśrednianych w czasie.

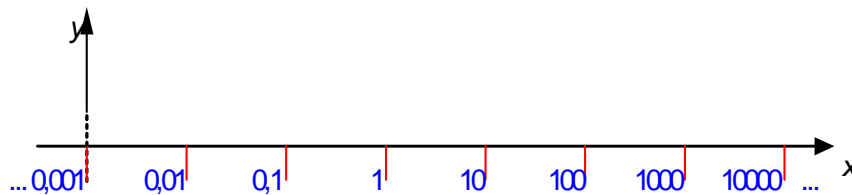
- b. Wartość skuteczna (*ang. Root Mean Square*) – nazywana wartością skuteczną, dobrze charakteryzuje badane wielkości gdyż uwzględnia zarówno historię czasową przebiegu jak również informację o wartości amplitudy:

$$A_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

Z pojęciem wartości skutecznej nierozdzielnie związana jest wartość średniokwadratowa będąca kwadratem wartości skutecznej i jest proporcjonalna do energii opisywanego zjawiska.

- c. Wartość szczytowa jest wielkością największego wychylenia o wartości zerowej w ramach czasu analizy T. Dla sygnału harmonicznego jest równa amplitudzie sygnału A.
- d. Wartość szczyt-szczyt jest wielkością będącą różnicą pomiędzy największą i najmniejszą wartością funkcji w ramach czasu analizy T. Dla sygnału harmonicznego jest równa podwojonej amplitudzie sygnału A.

W teorii drgań mechanicznych i akustycznych, ze względu na szeroki zakres mierzonych amplitud wielkości fizycznych oraz częstotliwości, posługujemy się często skalą logarytmiczną. Skala ta powoduje rozszerzenie zakresu niskich wartości, a zagęszczenie wysokich (Rysunek 5).



Rys. 5. Skala logarytmiczna.

Stosowany w tej skali decybel (dB) wyraża się następującym wzorem:

$$L = 10 \log_{10} \frac{A_{\text{RMS}}^2}{A_0^2}$$

gdzie: L jest liczbą decybeli, A_{RMS} – skuteczną wartością zmierzonego sygnału, A_0 – wartością odniesienia (wg norm dla odpowiednich wielkości fizycznych).

5

Metody ograniczenia lub eliminacji oddziaływań hałasu i drgań mechanicznych na człowieka

W tym rozdziale:

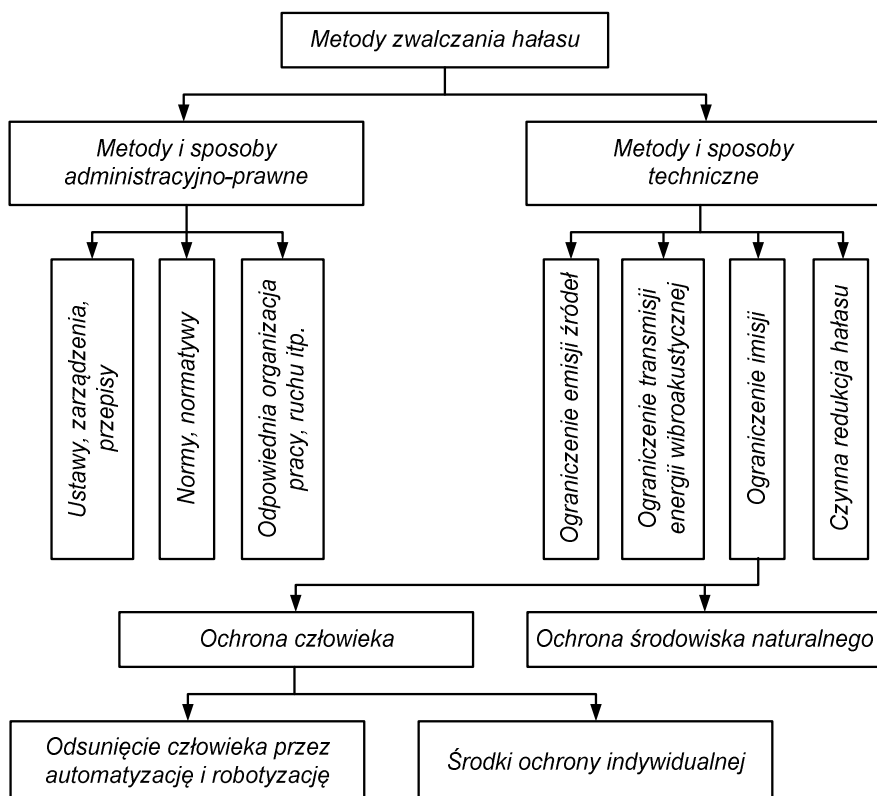
- Zasady ochrony przed hałasem
- Ograniczenie lub minimalizacja emisji hałasu przez źródło
- Ograniczenie transmisji i imisji hałasu.
- Czynna redukcja hałasu
- Ochrona przed drganiami mechanicznymi

5.1 Zasady ochrony przed hałasem

Metody ograniczania zagrożenia hałasem można podzielić na dwie grupy:

- metody i sposoby administracyjno-prawne,
- metody i sposoby techniczne.

Na rysunku 6 przedstawiono schemat podziału metod i sposobów zmniejszania hałasu w środowisku pracy.



Rys. 6. Schemat podziału metod i sposobów zmniejszania hałasu w środowisku pracy [1].

Metody i sposoby administracyjno-prawne obejmują wszelkie przepisy prawne mające na celu ograniczenie zagrożenia hałasem:

- ustawy sejmowe,
- uchwały Rady Ministrów,
- zarządzenia i rozporządzenia poszczególnych ministrów,
- przepisy i normy techniczne itp.

Bardzo istotnymi metodami są techniczne środki ograniczenia hałasu. Wymagają informacji dotyczących dróg transmisji energii wibroakustycznej. Zidentyfikowanie tych dróg, a także określenie wartości przenoszonej energii akustycznej różnymi drogami jest jednym z podstawowych problemów zwalczania hałasu. Środki techniczne obejmują:

- Ograniczenie lub minimalizacja emisji hałasu przez źródło.** Jeżeli przez emisję rozumiemy generowanie dźwięków przez źródła (maszyny, urządzenia), to wielkościami charakteryzującymi emisję są poziom ciśnienia akustycznego emisji lub poziom mocy akustycznej. Te wielkości są miarą hałasu emitowanego przez źródło drogą powietrzną. Ograniczenie emisji hałasu polega przede wszystkim na jego zwalczaniu u źródeł. Jest to związane z projektowaniem i produkcją maszyn i urządzeń cichobieżnych, odpowiednio wykonanych, nie powodujących hałasu przekraczającego określony poziom dopuszczalny. Jest to również związane z eliminowaniem hałaśliwych procesów technologicznych przez zastąpienie ich innymi cichszymi procesami. W wielu wypadkach będą to procesy droższe, lecz nie powodujące zagrożenia hałasem.
- Ograniczenie transmisji i emisji hałasu.** Wielkością charakterystyczną transmisji

energii wibroakustycznej i jej ograniczenia na różnych drogach propagacji, a także w pewnym sensie emisji jest, zmodyfikowany przez różne pomiary, poziom ciśnienia akustycznego na stanowisku pracy i w innych określonych miejscach. Emisja to obiektywna miara, na który jest narażone środowisko lub człowiek. Graniczne wartości emisji są ustalone pod kątem aspektów zdrowotnych. Stanowią one podstawę do zaleceń, umownych porozumień czy też norm higienicznych. Zmniejszenie transmisji i emisji hałasu sprowadza się do ograniczenia na drodze przenoszenia i na stanowisku pracy przez zastosowanie technicznych środków redukcji hałasu, takich jak: tłumiki akustyczne, obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne maszyn, kabiny dźwiękoszczelne dla operatorów maszyn, ekrany akustyczne (dźwiękochłonna-izolacyjne), materiały i ustroje dźwiękochłonne. Środki te, w odróżnieniu od środków ochrony indywidualnej pracownika (ochronników słuchu), zwane są środkami ochrony zbiorowej przed hałasem.

- c. Czynną redukcję hałasu, polegającą na tym, że hałas kompensuje się dźwiękiem z dodatkowych sterowanych źródeł, które na skutek nakładania się, ulegają wzajemnej kompensacji.

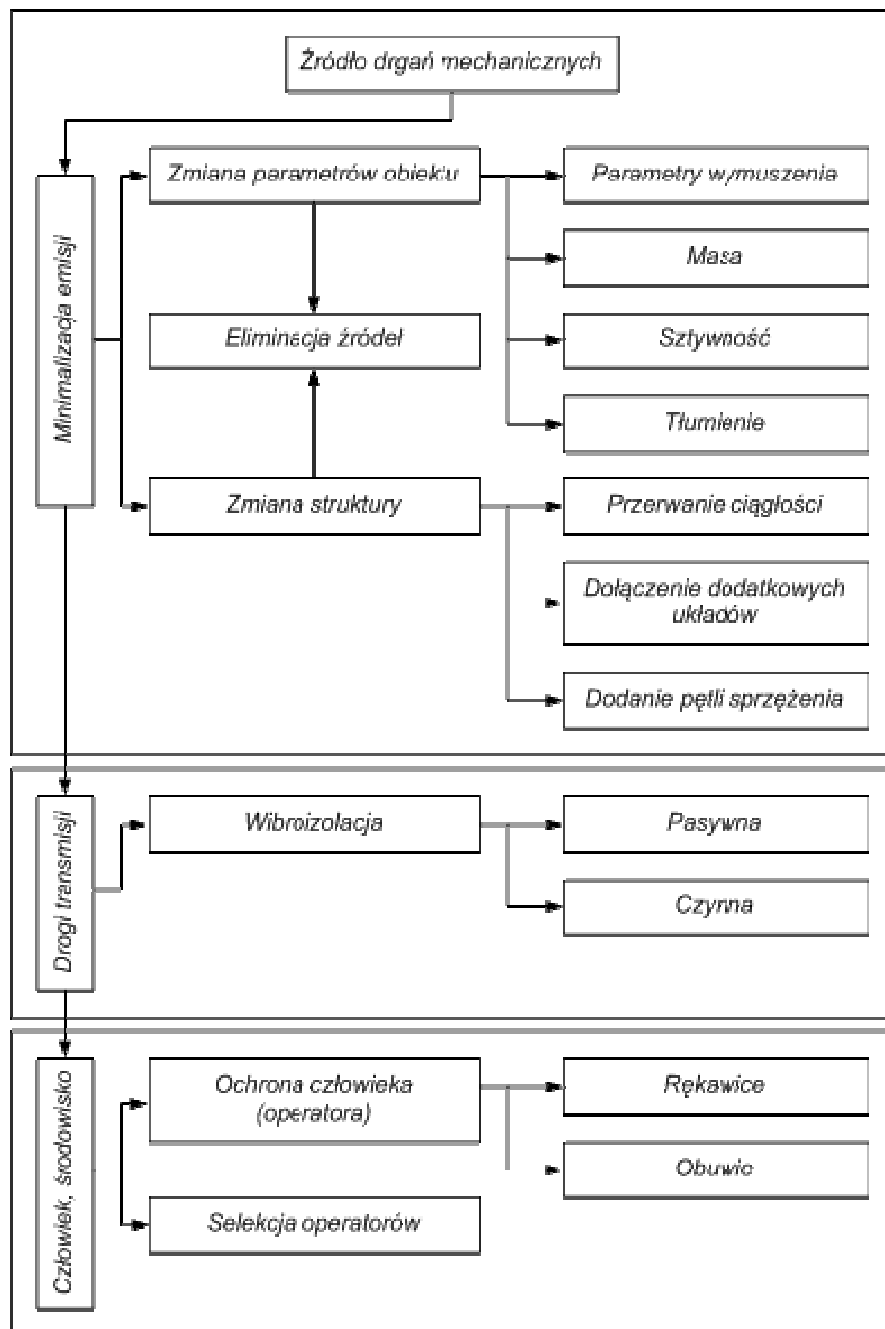
5.2 Zasady ochrony przed drganiami mechanicznymi

Drgania mechaniczne są często czynnikiem roboczym, celowo wprowadzanym przez konstruktorów do maszyn i urządzeń. Są one niezbędnym elementem do realizacji zadanych procesów technologicznych np. w maszynach i urządzeniach do wibrorozdrabnianie, wibroseparacji, wibracyjnego zagęszczania materiałów, oczyszczania i mielenia

wibracyjnego, a także do kruszenia materiałów, wiercenia, drążenia i szlifowania. Mogą również powodować zakłócenia w prawidłowym działaniu maszyn i urządzeń, zmniejszać ich trwałość i niezawodność oraz niekorzystnie wpływać na konstrukcje i budowle. Przenoszone do organizmu człowieka drogą bezpośredniego kontaktu z drgającym źródłem mogą też wywierać ujemny wpływ na zdrowie pracowników, a nawet doprowadzić do trwałych zmian chorobowych.

Z tego względu drgania mechaniczne z punktu widzenia ochrony człowieka w środowisku pracy są czynnikiem szkodliwym, który należy eliminować lub przynajmniej ograniczać. Ochrona przed drganiami w środowisku pracy może być realizowana wieloma sposobami. Najlepsze efekty minimalizacji narażenia ludzi na drgania uzyskuje się przez zastosowanie kilku metod jednocześnie. Na rysunku 7 przedstawiono sposoby ograniczenia narażenia człowieka na drgania mechaniczne w środowisku pracy.

Ważnym instrumentem obniżenia poziomu drgań jest tłumienie. Związany z tym jest dobór odpowiednich materiałów tłumiących. Tłumienie wiąże się z rozpraszaniem energii mechanicznej zamienianej m.in. w energię cieplną, a więc ze zmniejszeniem ogólnej sprawności urządzenia. Każdemu procesowi dynamicznemu, występującemu w środowisku, towarzyszą drgania (często niepożądane), których nie da się zminimalizować przez modyfikację strukturalną i parametryczną. Wówczas należy wprowadzić tłumienie. Ostatnio coraz więcej uwagi poświęca się aktywnym metodom zmniejszania drgań. Zasada działania tych metod polega na dołączeniu do urządzenia w pętli sprzężenia zwrotnego regulatora zawierającego przetwornik wielkości drganiowej, dodatkowe źródło energii (wzmacniacz) i element wykonawczy. Element wykonawczy wytwarza siły kompensujące siły wymuszające drgania, a także modyfikują parametry urządzenia.



Rys. 7. Sposoby ograniczenia narażenia człowieka na drgania mechaniczne

6

Podstawowe pojęcia i definicje

Przedstawione definicje zostały zaczerpnięte między innymi ze strony internetowej www.serwis.wypadek.pl prowadzonej przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Czas pogłosu (T) – Czas, w sekundach upływający od momentu wyłączenia źródła hałasu, podczas którego poziom ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu (pierwotnie w stanie ustalonym) obniży się o 60 dB. Czas pogłosu zależy od częstotliwości. Jest użyteczny przy określeniu właściwości akustycznych pomieszczeń, w których występuje pole dyfuzyjne. Należy uwzględnić objętość pomieszczenia. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Deklaracja emisji hałasu – Informacje dotyczące hałasu emitowanego przez maszynę w postaci wartości emisji hałasu, podawana przez jej wytwórcę lub dostawcę w dokumentacji technicznej lub innej publikacji. Może ona przybierać formę jedno- lub dwuliczbową. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Dobór ochronników słuchu – Proces wyboru najodpowiedniejszego ochronnika słuchu. (wg: PN-N-01352:1991)

Drgania mechaniczne – Drgania lub wstrząsy przekazywane do organizmu człowieka przez części ciała mające bezpośredni kontakt z drgającym obiektem; jako czynnik szkodliwy dla zdrowia w środowisku pracy występują w postaci drgań miejscowych albo drgań ogólnych. (wg: Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318)

Drgania miejscowe – Drgania mechaniczne działające na organizm człowieka i przenoszone bezpośrednio przez kończyny górne. (wg: Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318)

Drgania nieustalone – Drgania, których wartości skuteczne przyspieszenia w 1/3-oktawowych pasmach częstotliwości lub wartości skuteczne przyspieszenia, ważone w dziedzinie częstotliwości, zmieniają się więcej niż 2 razy w stosunku do najmniejszej mierzonej wartości wymienionych parametrów. (wg: PN-N-01352:1991)

Drgania o oddziaływaniu ogólnym na organizm człowieka, drgania ogólne – Drgania mechaniczne przenoszone do organizmu człowieka przez:

- stopy - w pozycji stojącej;
- miednicę, plecy, boki - w pozycji siedzącej lub leżącej; (wg: PN-N-01352:1991)

Drgania ogólne – Drgania mechaniczne o ogólnym działaniu na organizm człowieka, przekazywane do organizmu jako całości przez stopy lub części tułowia, w szczególności miednicę lub plecy. (wg: Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318)

Drgania ustalone – Drgania, których wartości skuteczne przyspieszenia w 1/3-oktawowych pasmach częstotliwości lub wartości skuteczne przyspieszenia, ważone w dziedzinie częstotliwości, zmieniają się nie więcej niż 2 razy w stosunku do mniejszej mierzonej wartości parametrów. (wg: PN-N-01352:1991)

Dzienna ekspozycja na hałas skorygowana charakterystyka częstotliwościowa A (EA,D) – Całkowita dzienna ekspozycja na hałas skorygowana charakterystyką częstotliwościową A utrzymująca się podczas pojedynczego 24-godzinnego dnia, wyrażona w paskalach do kwadratu razy sekunda (Pa^2s)

Uwaga:

Jeśli wymagane jest uwzględnienie znaczącej pozazawodowej ekspozycji na hałas, to całkowita ekspozycja na hałas skorygowana charakterystyką częstotliwościową A jest otrzymywana przez zsumowanie składowej ekspozycji zawodowej i odpowiedniej składowej ekspozycji pozazawodowej. (wg: PN-ISO 1999:2000)

Dźwięk bezpośredni – Dźwięk rozchodzący się bezpośrednio ze źródła do punktu obserwacji. Nie uwzględnia dźwięków odbitych w pomieszczeniu, w którym jest zlokalizowane źródło. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Dźwięk odbity – Dźwięk w pomieszczeniu, będący wynikiem odbić, w jakimkolwiek punkcie, od powierzchni pomieszczenia

oraz wyposażenia. Nie uwzględnia dźwięku bezpośredniego.
(wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Efektywne tłumienie – jest to miara ochrony, którą umożliwia ochronnik słuchu. (wg: PN-EN 458:2006)

Ekspozycja osoby na hałas – Całkowity hałas dochodzący, w określonym czasie T do ucha pracownika w aktualnie istniejącej sytuacji. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Ekspozycja na hałas skorygowana charakterystyką częstotliwościową A (EA, T) - Całka po czasie kwadratu ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką częstotliwościową A w określonym przedziale czasu, T lub zdarzenia, wyrażona w paskalach do kwadratu razy sekunda (Pa²s). Ekspozycja na hałas skorygowana charakterystyką częstotliwościową A jest określona równaniem:

$$E_{A,T} = \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt$$

w którym $p_A(t)$ jest chwilowa wartością ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką częstotliwościową A sygnału akustycznego scałkowanego w przedziale czasu T zaczynającym się w chwili t_1 i kończącym się w chwili t_2 . Czas, T, mierzony w sekundach, jest zwykle wybierany tak, aby odpowiadał całkowitej dziennej ekspozycji na hałas (zwykle 8h, 28 800 s) lub dłuższemu okresowi, który ma być określony, np. tygodniowi pracy.

Uwagi:

1. Poziom ekspozycji na hałas, LEA, T , w decybelach, jest równy:

$$L_{EA,T} = 10 \log_{10} \frac{E_{A,T}}{E_0}$$

Dla $E_0 = 4 \cdot 10^{-10}$ Pa²s, jak podano w normach ISO 1996-1 i IEC 804.

2. Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy LEX, 8h, jest otrzymywany dla $E_0 = 1,15 \cdot 10^{-5}$ Pa²s i jest o 44,5 dB mniejszy od LEA, T (wg: PN-ISO 1999:2000).

Emisja hałasu – Dźwięki powietrzne wypromieniowane przez dokładnie określone źródło hałasu (maszynę lub urządzenie).
(wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Filtry korekcyjne (A, B, G) – filtry dostosowujące przyrządy mierzące parametry hałasu do czułości ucha dla różnych częstotliwości dźwięku. Nazywane są także charakterystykami częstotliwościowymi:

- filtr A stosuje się podczas pomiarów maksymalnego poziomu dźwięku A i podczas pomiarów pozwalających na określenie poziomu ekspozycji na hałas,
- filtr C podczas pomiarów szczytowego poziomu dźwięku C,
- filtr G podczas pomiaru hałasów infradźwiękowych (wg.: IEC 651)

Filtry korekcyjne (Wk, Wd, Wh) – filtry dostosowujące przyrządy mierzące parametry drgań uwzględniające właściwości ciała człowieka (widmo liniowe drgań sprowadzone do jednej wartości normatywnej, dającej informację o narażeniu człowieka na drgania mechaniczne:

- Filtr Wk jest używany do oszacowania wpływu sygnału wibracji na ludzkie w kierunku z (drgania ogólne).
- Filtr Wd jest używany do oszacowania wpływu sygnału wibracji na ludzkie w kierunku x oraz y (drgania ogólne).
- Filtr Wh jest używany do oszacowania wpływu drgań miejscowych na ludzkie ciało (wg: ISO 2631-1-97 i ISO 8041).

Fon – jednostka poziomu głośności dźwięku. Poziom głośności dowolnego dźwięku w fonach jest liczbowo równy poziomowi natężenia (wyrażonego w decybelach) tonu o częstotliwości 1 kHz, którego głośność jest równa głośności tego dźwięku. Dźwięki o tej samej liczbie fonów wywołują to samo wrażenie

głośności, ale nie muszą być to dźwięki identyczne w sensie barwy (np. o różnych częstotliwościach) i energii.

Grupy szczególnego ryzyka – Pracownicy, którzy na podstawie przepisów prawa pracy podlegają szczególnej ochronie zdrowia, w szczególności kobiety w ciąży oraz młodociani. (wg: Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318)

Hałas – Każdy niepożądany dźwięk, który może być uciążliwy albo szkodliwy dla zdrowia lub zwiększać ryzyko wypadku przy pracy. (wg: Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318)

Hałas impulsowy – Nagła zmiana ciśnienia akustycznego, może mieć postać pojedynczego zdarzenia lub serii impulsów przedzielonych przerwami. (wg: PN-EN 458:2006)

Imisja hałasu w miejscu pracy – Wszystkie hałasy, które w określonym czasie T, pojawiają się w punkcie pomiarowym (w miejscu pracy) w aktualnie istniejącej sytuacji, niezależnie od tego, czy pracownik jest obecny na stanowisku, czy też nie jest obecny; np.: hałas pochodzący z maszyny, hałas pochodzący z innych źródeł dźwięku oraz hałas odbity od stropu, ścian i jakichkolwiek innych przeszkód. Wartość T może być czasem trwania pomiaru, cyklu operacyjnego maszyny, procesu, zmiany roboczej lub czasowej obecności pracownika w punkcie pomiarowym, czy też w jego pobliżu. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Krajowy poziom działania (Lact) – Dzienny poziom ekspozycji na hałas (LEX, 8h), powyżej którego noszone są ochronniki słuchu.

Uwaga:

W krajowym prawie i przepisach będzie określony poziom ekspozycji na hałas, powyżej którego powinny być noszone ochronniki słuchu. (wg: PN-EN 458:2006)

Krajowy szczytowy poziom działania (Lact, pk) – Szczytowy poziom ciśnienia akustycznego powyżej którego noszone są ochronniki słuchu.

Uwaga:

W krajowym prawie i przepisach będzie określony poziom ekspozycji na hałas, powyżej którego powinny być noszone ochronniki słuchu. (wg: PN-EN 458:2006)

Nadmierna ochrona – Dobór i stosowanie ochronnika słuchu o zbyt dużym tłumieniu. Może to prowadzić do odczuwania izolacji akustycznej i trudności w odbiorze dźwięków. (wg: PN-EN 458:2006)

Najwyższe dopuszczalne natężenie (NDN) – Dopuszczalne wartości wielkości charakteryzujących hałas lub drgania mechaniczne, określone w przepisach w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, a dla kobiet w ciąży oraz młodocianych odpowiednio w przepisach w sprawie prac szczególnie uciążliwych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet oraz w przepisach w sprawie prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac. (wg: Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318)

Najwyższe dopuszczalne natężenie fizycznego czynnika szkodliwego dla zdrowia – wartość średnia natężenia, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w Kodeksie pracy, przez okres jego aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń. (wg: Dz. U. 2002 nr 217 poz. 1833)

Narażenie ciągłe – Narażenie na oddziaływanie drgań, występujące bez przerw w trakcie całej zmiany roboczej z pominięciem: regularnych przerw w pracy, przerw na posiłki, czynności przed podjęciem pracy i po jej zakończeniu. (wg: PN-N-01352:1991)

Narażenie indywidualne – Rzeczywisty poziom narażenia pracownika na hałas lub drgania mechaniczne, po uwzględnieniu tłumienia uzyskanego w wyniku stosowania środków ochrony indywidualnej. (wg: Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318)

Narażenie przerywane – Narażenie na oddziaływanie drgań, występujące wielokrotnie w ciągu zmiany roboczej z przerwami, w których to narażenie zanika: przerwy mogą być spowodowane przemieszczeniem się osób narażonych, cyklicznością technologii, wyłączeniem źródeł drgań itp. (wg: PN-N-01352:1991)

Narażenie sporadyczne – Narażenie na oddziaływanie drgań, występujące nieregularnie, związane z czynnościami wykonywanymi dorywczo na danym stanowisku pracy, np.: raz w tygodniu, raz w ciągu zmiany roboczej. (wg: PN-N-01352:1991)

Nauszniki przeciwhałasowe – Ochronnik słuchu składający się z dwóch czasz tłumiących dociskanych do małżowin usznych albo do głowy, całkowicie zakrywający małżowiny uszne; czasze mogą być dociskane do głowy za pomocą sprężyny dociskowej lub specjalnego urządzenia przymocowanego do hełmu ochronnego lub do innego sprzętu. (wg: PN-EN 352-1:2005). Ochronnik słuchu, składający się z dwóch czasz tłumiących dociskanych do małżowin usznych albo do głowy, całkowicie zakrywający małżowiny uszne; czasze mogą być dociskane do głowy za pomocą sprężyny dociskowej lub specjalnego urządzenia przymocowanego do hełmu ochronnego lub do innego sprzętu. (wg: PN-EN 352-3:2005)

Nauszniki przeciwhałasowe o regulowanym tłumieniu – Nauszniki przeciwhałasowe z elektronicznym układem odtwarzania dźwięku. (wg: PN-EN 352-4:2005)

Niepewność (K) – Wartość liczbowa niepewności pomiaru związana z mierzoną wartością emisji hałasu. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Nieruchomy układ odniesienia – Prostokątny układ współrzędnych X, Y, Z, związany z geometrią stanowiska pracy, narzędzia uchwytu itp. (wg: PN-N-01352:1991)

Ocena narażenia metodą widmową – Ocena narażenia na oddziaływanie drgań na podstawie wartości skutecznych przyspieszenia drgań, uzyskanych w wyniku analizy widmowej sygnału drganiowego w 1/3-oktawowych pasmach częstotliwości. (wg: PN-N-01352:1991)

Ocena narażenia metodą ważoną – Ocena narażenia na oddziaływanie drgań na podstawie wartości skutecznych przyspieszenia drgań, ważonych w dziedzinie częstotliwości, uzyskanych w wyniku bezpośredniego pomiaru za pomocą przyrządu do pomiaru drgań wg PN-91/N-01355. (wg: PN-N-01352:1991)

Powierzchniowy poziom ciśnienia akustycznego (L_{pA}, d) – Poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A, uśredniony energetycznie na powierzchni pomiarowej zlokalizowanej w odległości d od źródła dźwięku (patrz norma ISO3744). Gdy d = 1 m, to oznacza się go zwykle L_{pA}, 1m. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Poziom ciśnienia akustycznego (L_p) – Dziesięć logarytmów przy podstawie 10, iloraz kwadratu ciśnienia akustycznego (p, w paskalach) i kwadratu ciśnienia akustycznego odniesienia (p_o=20 • 106 Pa). Wielkość określana w decybelach.

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_o^2}$$

Poziom ciśnienia akustycznego jest główną wielkością określającą hałas w danym punkcie. Jest wyrażony w decybelach i powinien być określony za pomocą znormalizowanego miernika poziomu dźwięku (patrz norma IEC651). Należy podać charakterystykę częstotliwościową (A lub C) lub szerokość zastosowanego pasma częstotliwości oraz charakterystykę czasową miernika (S, F, I lub peak).

Uwagi:

1. Na przykład, poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową C i zmierzony z zastosowaniem charakterystyki czasowej Peak, oznacza się L_{pC}, peak.
2. Oznaczenie L_p jest używane wtedy, gdy poziom ciśnienia akustycznego odnosi się do emisji, imisji lub ekspozycji (wg: PN-ISO 1999:2000).

Poziom ciśnienia akustycznego na stanowisku pracy lub w innych określonych miejscach, pochodzącego z badanego źródła

dźwięku. Wyraża się go w decybelach i stanowi on dodatkową wielkość określającą emisję dźwięku ze źródła (patrz normy od ISO11200 do ISO11204). Należy podać charakterystykę częstotliwościową i/lub charakterystykę czasową lub szerokość zastosowanego pasma częstotliwości.

Uwaga:

Na przykład szczytowy poziom ciśnienia akustycznego emisji skorygowanego częstotliwością C, oznacza się L_{pC} , peak. Poziom ciśnienia akustycznego emisji skorygowany charakterystyką częstotliwościową A, często jest uśredniony w czasie pracy źródła; oznacza się L_{pA} . (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A (L_{pA}) – Poziom ciśnienia akustycznego, w decybelach, wyznaczony przy zastosowaniu charakterystyki częstotliwościowej A (patrz norma IEC 651), na podstawie wzoru:

$$L_{pA} = 10 \log_{10} \frac{p_A^2}{p_o^2}$$

w którym p_A jest ciśnieniem akustycznym skorygowanym charakterystyką częstotliwościową A w paskalach. (wg: PN-ISO 1999:2000)

Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy (LEX, 8h) – Poziom, wyrażony w decybelach, określony równaniem:

$$L_{EX, 8h} = L_{Aeq, T_e} + 10 \log_{10} \frac{T_e}{T_o}$$

w którym:

T_e – efektywny czas pracy;

T_o – czas odniesienia (= 8h).

Jeżeli efektywny czas dnia pracy nie przekracza 8 h, to LEX, 8h jest liczbowo równy LAeq, 8h.

Uwagi:

1. Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy, LEX, 8h, w decybelach, może być wyliczony na podstawie ekspozycji na hałas skorygowanej charakterystyką częstotliwościową A, EA, Te (w paskalach do kwadratu razy sekunda – Pa²s), z następującego wzoru:
2. Jeżeli jest wymagane wyznaczenie uśrednionej ekspozycji za n dni, na przykład, jeżeli poziomy ekspozycji na hałas odniesione do 8-godzinnego dnia pracy rozpatrywane są jako ekspozycje tygodniowe, to wartość średnia poziomu ekspozycji LEX, 8h, w decybelach, w całym rozpatrywanym okresie może być wyznaczona na podstawie wartości (LEX, 8h) i dla poszczególnych dni z następującego wzoru:

Wartość parametru k wybierana jest w zależności od celu procesu uśrednienia: k będzie równe n w przypadku, gdy wyznaczona jest wartość średnia; k będzie ustalona liczbą naturalną, gdy ekspozycja ma być odniesiona do nominalnej liczby dni (na przykład k=5 prowadzi do poziomu dziennej ekspozycji na hałas odniesionego do znormalizowanego 5-dniowego dnia pracy z 8-godzinnym dniem pracy). (wg: PN-ISO 1999:2000)

Poziom mocy akustycznej (LW) – Dziesięć logarytmów przy podstawie 10, ilorazu mocy akustycznej (P, w watach wypromieniowanej przez badane źródło dźwięku i mocy akustycznej odniesienia ($P_0 = 1 \text{ pW}$)). Jest wyrażony w decybelach i opisuje emisję dźwięku z jego źródła (patrz serie norm ISO 3740 i ISO9614). Należy podać charakterystykę częstotliwościową lub szerokość zastosowanego pasma częstotliwości.

Uwaga:

Na przykład poziom mocy akustycznej skorygowany charakterystyką częstotliwością A, oznacza się LWA. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Równoważna powierzchnia pochłaniająca (A) – Powierzchnia, w metrach kwadratowych, otrzymana jako wynik sumowania składników $a_i S_i$. $A = a_1 S_1 + a_2 S_2 + \dots = a S$ gdzie a_i współczynnik pochłaniania powierzchni cząstkowej pomieszczenia S_i ; S całkowita powierzchnia pomieszczenia ($S = \sum S_i$); a średni współczynnik pochłaniania pomieszczenia. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościowa A ($L_{Aeq, T}$) – Poziom w decybelach określony wzorem:

$$L_{Aeq, T} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_o^2} dt \right)$$

gdzie: $t_2 - t_1$ jest przedziałem czasu T , w którym wyznaczana jest wartość średnia, zaczynającym się w chwili t_1 , i kończącym się w chwili t_2 .

Uwagi:

1. Przedział $t_2 - t_1$ stosowany w pomiarach bezpośrednich lub obliczeniach $L_{Aeq, T}$, powinien być wybrany w taki sposób, aby otrzymane wyniki były reprezentatywne dla całego rozpatrywanego czasowego.
2. W przypadku hałasu ciągłego o niezmiennym poziomie w czasie, $L_{Leq, T}$ jest liczbowo równy L_{pa} (wg: PN-ISO 1999:2000).

Ruchomy układ odniesienia – Prostokątny układ współrzędnych x, y, z związany z geometrią ciała człowieka lub jego dłoni, którego początek znajduje się w okolicy koniuszka serca lub na główce trzeciej kości śródreżca. (wg: PN-N-01352:1991)

Spadek poziomu ciśnienia akustycznego w przestrzeni z podwojeniem odległości (DL2) – Wartość w decybelach, o którą obniża się poziom ciśnienia akustycznego w danym zakresie odległości od źródła przy jej podwojeniu. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Stanowisko pracy – Miejsce w pobliżu maszyny, zajmowane przez operatora lub miejsce wykonywania zadania. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Tłumienie dźwięku – Średnia różnica w decybelach dla danego sygnału testowego, między progiem słyszenia grupy słuchaczy biorących udział w badaniu z założonym ochronnikiem słuchu i bez niego. (wg: PN-EN 352-1:2005, PN-EN 352-2:2005, PN-EN 352-3:2005, PN-EN 458:2006)

Uszkodzenie słuchu – Odchylenie od normy lub zmiana na gorsze progu słyszenia względem słuchu normalnego.

Uwaga:

Zwykle pojęcie uszkodzenia odnoszone jest do struktury lub funkcji. W niniejszej normie międzynarodowej jest rozpatrywane tylko pogorszenie funkcji. (wg: PN-ISO 1999:2000)

Uśredniony w czasie poziom ciśnienia akustycznego (L_{peq} , T) – Poziom ciśnienia akustycznego ustalonego dźwięku ciągłego, który w czasie pomiaru T ma tę samą wartość średniokwadratową ciśnienia akustycznego co badany dźwięk zmienny w czasie; jest to średnia kwadratowa wartość poziomu ciśnienia akustycznego w danym przedziale czasu. Wyrażony jest w decybelach. Uśredniony w czasie poziom ciśnienia akustycznego jest podstawową wielkością braną pod uwagę przy ocenie emisji w miejscach pracy oraz ekspozycji znajdujących się tam osób. Jest nazywany równoważnym, ciągłym poziomem ciśnienia akustycznego.

Uwaga:

W przypadku emisji lub ekspozycji, w celu uwzględnienia składowych tonalnych i impulsowych można stosować poprawki impulsowe i tonalne, DLI oraz DLT w decybelach, (L_{pAeq} , T+DLI+DLT) (patrz normy ISO 1996-1, ISO 1996-2 oraz ISO 1999). (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Wartości progów działania – Wartości wielkości charakteryzujących hałas i drgania mechaniczne w środowisku pracy (bez uwzględniania skutków stosowania środków

ochrony indywidualnej), określone w załączniku do rozporządzenia. (wg: Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318)

Wartość skuteczna przyspieszenia drgań ważona w dziedzinie częstotliwości, wartość ważona przyspieszenia drgań – Wartość przyspieszenia otrzymana w wyniku pomiaru za pomocą przyrządu do pomiaru drgań (np. wg PN-91/N-011355), przy włączonym filtrze korekcyjnym o charakterystyce częstotliwościowej aO lub aM, odpowiadającej rodzajowi drgań oraz w przypadku drgań ogólnych, ich składowym w kierunkach X, Y, Z. (wg: PN-N-01352:1991)

Warunki pola dyfuzyjnego – Rozchodzenie się dźwięku w pomieszczeniu lub jego części, gdy dźwięk jest odbijany często i w sposób równomierny od wszystkich powierzchni pomieszczenia oraz wyposażenia, w taki sposób, że poziom ciśnienia akustycznego osiąga jednakową wartość w każdym punkcie rozważanej przestrzeni. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Warunki pola niedyfuzyjnego – Nierównomiernie we wszystkich kierunkach rozchodzenie się dźwięku w pomieszczeniu lub jego części. Ma miejsce w przypadku, gdy:

- stosunek jakichkolwiek dwóch wymiarów z trzech jest większy od liczby trzy, lub
- pochłanianie dźwięku przez powierzchnię pomieszczenia jest w wysokim stopniu nierównomiernie (np. betonowe ściany), lub
- pochłanianie dźwięku jest bardzo duże (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Wielkości określające imisję hałasu i ekspozycję na hałas – Równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyka częstotliwościowa A, odniesiony do nominalnego czasu dnia pracy, L_{pAeq, T_0} , w decybelach:

$$L_{pAeq, T_0} = L_{pAeq, T_e} + 10 \log_{10} \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

gdzie: T_0 jest czasem odniesienia (np. 8h), a T_e jest czasem trwania zmiany roboczej. Imisja jest mierzona w miejscu pracy. Ekspozycja jest mierzona w pobliżu ucha pracownika.

$L_{pA_{eq}}$, T_0 może być wynikiem energetycznego sumowania wartości imisji bądź ekspozycji $L_{pA_{eq}}$, T_i , mierzonych w jednostkowych przedziałach czasu T_i , gdzie $\Sigma T_i = T_e$. W niektórych krajach jest używany równoważny poziom z korekcją L_{pA_r} :

$$L_{pA_r} = L_{pA_{eq}}, T_0 + DL_I + DL_T$$

gdzie: DL_I i DL_T określają składowe impulsowe i tonalne.

(wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Wskaźnik redukcji dźwięku (R) – Wielkość określająca tłumienie przenoszenia, definiowana jako dziesięć logarytmów przy podstawie 10 ilorazu mocy akustycznej padającej na badany ustrój tłumiący i mocy akustycznej przenoszonej przez ten ustrój. Jest wyrażony w decybelach i zależy od częstotliwości.

Uwaga:

Metody określania izolacyjności ścian, drzwi, stropów i okien opisano w normie ISO 140, arkusze od 1 do 10 (wartości w pasmach częstotliwości) oraz w normie ISO 717), arkusze 1 i 3 (wskaźniki jednoliczbowe). (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Współczynnik pochłaniania dźwięku (a) – Część energii akustycznej pochłoniętej wtedy, gdy fale dźwiękowe padają na powierzchnię. Zależy od częstotliwości.

Uwaga:

Jednoliczbowy wskaźnik podano w normie ISO 11654. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

Zmierzona wartość emisji hałasu (L) – Określony na podstawie pomiarów; poziom mocy akustycznej skorygowany charakterystyką częstotliwościową A, uśredniony w czasie poziom ciśnienia akustycznego emisji skorygowany charakterystyką częstotliwościową A lub szczytowy poziom ciśnienia akustycznego emisji skorygowany charakterystyka

częstotliwościową C. Mierzone wartości mogą być wyznaczone zarówno w przypadku pojedynczej maszyny lub ich grupy. Są wyrażone w decybelach i nie są zaokrąglone. (wg: PN-EN ISO 11690-1:2000)

7

Literatura

W tym rozdziale:

- Literatura wykorzystana i zalecana do pracy własnej
- Źródła internetowe

7.1 Literatura wykorzystana w opracowaniu i zalecana do pracy własnej

1. Ochrona przed hałasem i drganiami w środowisku pracy, pod red.: D. Augustyńskiej, W. M. Zawieski, Centralny Instytut Ochrony Pracy – PIB, Warszawa, 1999.
2. C. Cempel, Wibroakustyka stosowana, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1989.
3. Z. Engel, Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem, wyd. 2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001.

7.2 Źródła internetowe

<http://www.ciop.pl/>

<http://www.serwis.wypadek.pl/>

<http://www.sejm.gov.pl/>