

Materiały dla słuchaczy CHM.05 – 07.02.2021r.

Z przedmiotu: **Organizacja prac w ochronie środowiska -
ochrona powietrza i ochrona przed hałasem.**

TEMAT: Źródła hałasu i drgań mechanicznych.

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), skręcarki (do 104 dB), zgrzeblarki (do 102 dB);
- urządzenia przepływowe, np. zawory (do 120 dB), wentylatory do 114 dB);

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. wprowadzone 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.

TEMAT: 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.

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 zawieszone za pomocą specjalnych mięśni w taki sposób, że może następować przesunięcie strzemiączka zmniejszające sprzężenie 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 najłagodniejszy 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. Bodźce fizyczne zapoczątkowują łańcuch reakcji biochemicznych, bioelektrycznych i energetycznych, przez które energia drgań akustycznych zamienia się na energię impulsów nerwowych z jednoczesnym odwzorowaniem cech bodźca. Bodźce 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.

TEMAT: Wpływ drgań ma 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 wibrodarowych, ich powszechne stosowaniem 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 oddziaływaniom 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 przekazywanie 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.

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.

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 $6\div 12$ Hz i amplitudach przemieszczeń $3\div 5$ 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 narządami 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, bezsenność, rozdrażnienie, osłabienie pamięci.