HAŁAS INFRADŹWIĘKOWY I DRGANIA MECHANICZNE

Narażenie na stanowiskach pracy kierowców pojazdów

Jan Radosz

CIOP PIB

1. Spis treści

1. Spis treści 2
2. Wprowadzenie 3
3. Wpływ hałasu i drgań mechanicznych na człowieka 4
3.1. Hałas infradźwiękowy 4
3.2. Drgania mechaniczne 6
4. Wartości dopuszczalne hałasu infradźwiękowego 8
5. Wartości dopuszczalne drgań mechanicznych 8
6. Hałas i drgania mechaniczne na stanowiskach pracy kierowców pojazdów 10
6.1. Hałas 10
6.2. Drgania mechaniczne 11
7. Badania łącznego oddziaływania hałasu infradźwiękowego i drgań mechanicznych 11
8. Bibliografia 15

2. Wprowadzenie

Statystyki pokazują, że rocznie na świecie w wypadkach drogowych ginie ok. 1,3 miliona osób, a rannych zostaje dodatkowo 20-50 milionów osób [54]. Koszty tych wypadków globalnie szacuje się na 518 miliardów dolarów (ok. 1-2% PKB w poszczególnych krajach) [54]. Transport i gospodarka magazynowa, od wielu lat znajduje się na 3 miejscu, za budownictwem i przetwórstwem przemysłowym, pod względem liczby śmiertelnych ofiar wypadków przy pracy [52]. Ostatnie statystyki WHO pokazują, że wśród krajów europejskich Polska znajduje się w czołówce pod względem wielkości współczynnika śmiertelnych ofiar wypadków drogowych. Współczynnik ten wynosi w Polsce 11,8, podczas gdy w innych krajach jest dużo mniejszy, np. W Niemczech 4,7 w Hiszpanii – 5,4, we Francji 6,4 [54]. Głównymi sprawcami wypadków drogowych są kierujący pojazdami. Z ich winy każdego roku dochodzi do około 80% wypadków. Wśród kierujących pojazdami sprawców wypadków drogowych grupa kierowców zawodowych (kierowcy samochodów ciężarowych, autobusów, tramwajów i trolejbusów) stanowi z reguły ok. 10%. Prewencja wypadków w transporcie drogowym powinna polegać m.in. na szeroko rozumianej optymalizacji warunków pracy kierowcy [31].

Do najważniejszych zagrożeń zawodowych na stanowisku kierowców zawodowych należą przede wszystkim wypadki drogowe. Zagrożeniem bywają też wypadki innego rodzaju, np. porażenie prądem na skutek posługiwania się uszkodzonym sprzętem elektrycznym lub nieodpowiedniej albo niesprawnej instalacji elektrycznej pojazdu [32]. Do istotnych zagrożeń zalicza się także obecne w środowisku pracy kierowcy czynniki fizyczne (hałas infradźwiękowy i drgania mechaniczne), czynniki chemiczne (materiały pędne i smary, spaliny, tlenek węgla), niewłaściwy mikroklimat w kabinie pojazdu, czynniki uciążliwe, wynikające ze sposobu wykonywania pracy i jej organizacji (wymuszona pozycja ciała, zmienne warunki klimatyczne, praca zmianowa) oraz awarie (np. pożar silnika pojazdu) [24].

Dane literaturowe [16, 30], wskazują, że hałas infradźwiękowy w pojazdach drogowych często przekracza wartości dopuszczalne ze względu uciążliwość (PN-Z-01338:2010) [51]. W przypadku drgań mechanicznych ryzyko zawodowe kierowców ocenia się jako średnie (krotność NDN z reguły zawiera się w przedziale (0,5-0,6) [16,30]. Mimo, że wartości ww. czynników nie przekraczają wartości świadczących o szkodliwości ich oddziaływania stanowią one czynnik uciążliwy w środowisku pracy, który może wpływać na funkcje psychofizyczne. Z doniesień literaturowych, zwłaszcza z ostatniego dziesięciolecia wynika,

że skojarzone działanie na organizm człowieka dwóch lub więcej szkodliwych i uciążliwych czynników środowiska pracy potęguje niekorzystne skutki działania każdego z nich występującego oddzielnie [17, 18, 23, 30, 33].

Raporty Państwowej Inspekcji Pracy [52] wykazują, że wypadkom przy pracy ulegają najczęściej kierowcy pojazdów. Stanowią dominującą grupę ofiar wypadków śmiertelnych. Głównymi przyczynami wypadków są zachowania ludzi, w tym m.in. niedostateczna koncentracja uwagi i zmęczenie. Badania prowadzone na świecie pokazują, że zarówno hałas infradźwiękowy jak i drgania mechaniczne mogą powodować tzw. skutki funkcjonalne: wydłużenie czasu reakcji ruchowej, wydłużenie czasu reakcji wzrokowej, nadmierne zmęczenie, rozdrażnienie, osłabienie pamięci i koncentracji [23, 31]. Co więcej dane statystyczne [52] pokazują, że wypadkom przy pracy (kierowcy zawodowi) ulegają najczęściej kierowcy autobusów i samochodów ciężarowych, gdzie odnotowuje się najwyższe wartości ww. czynników. Zagadnienie łącznego oddziaływania czynników szkodliwych/uciążliwych w środowisku pracy jest niezwykle istotne. W literaturze zwraca się uwagę na potrzebę badań w tym kierunku [23, 55]. W przypadku łącznego oddziaływania hałasu i drgań mechanicznych, prace badawcze prowadzone na świecie skoncentrowane są głównie na hałasie w zakresie słyszalnym.

3. Wpływ hałasu i drgań mechanicznych na człowieka

3.1. Hałas infradźwiękowy

Doniesienia literaturowe wskazują, że dominującym efektem oddziaływania infradźwięków i dźwięków o niskich częstotliwościach na organizm podczas ekspozycji zawodowej i poza zawodowej jest ich działanie uciążliwe, występujące już przy niewielkich przekroczeniach progu słyszenia. Wpływ działania hałasu niskoczęstotliwościowego o częstotliwości 16 Hz o poziomie 10 dB powyżej progu słyszenia zaobserwował Landström i Byström [19]. Ekspozycja na hałas powodowała znużenie i zaburzenie w stanach czuwania. Podobne wyniki badań uzyskali Yamazaki, Tokita [48]. Według nich infradźwięki powodowały zmęczenie, depresję, stres i senność. Inne badania Danielsson, Landström [3] przedstawiają wpływ dźwięków o częstotliwościach 6, 12 i 16 Hz o poziomach odpowiednio 95, 110 i 125 dB na układ krwionośny człowieka. Wykazano wzrost ciśnienia skurczowego i zmniejszenie ciśnienia rozkurczowego przy braku zmian częstości tętna. Największe

objawy obserwowano dla częstotliwości 16 Hz i objawy te nasilały się pod wpływem zwiększenia poziomu dźwięku i całkowicie zanikały po zaprzestaniu ekspozycji.

Mahendra i Sridar [25] przeprowadzili badania wpływu hałasu infradźwiękowego na uciążliwość pracy w grupie 93 robotników. Badania wykazały bóle w karku oraz zmęczenie u osób eksponowanych na ten rodzaj hałasu. Hałas o niskich częstotliwościach może również oddziaływać na narząd równowagi. Według Evans i Tempest [6] ekspozycja na infradźwięki o częstotliwościach 2-20 Hz powodowała zaburzenia równowagi. Zjawisko to było największe dla infradźwięków o częstotliwości 7 Hz. Inne badania prowadzone w kraju i zagranicą, wskazujące na uciążliwe działanie hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego charakteryzujące się na ogół subiektywnie określonymi stanami nadmiernego zmęczenia, stresu, irytacji, dyskomfortu, senności, zaburzeniami równowagi, zostały opisane w następujących badaniach [4, 11, 12, 40, 44, 48]. Obiektywnym potwierdzeniem tych stanów są zmiany w ośrodkowym układzie nerwowym, charakterystyczne dla obniżenia stanu czuwania (co jest szczególnie niebezpieczne u kierowców pojazdów). Badania wykazują, że omówione symptomy mają charakter przejściowy ustępują po usunięciu źródła infradźwięków. Gdy poziomy ciśnienia akustycznego przekraczają wartości 140-150 dB, infradźwięki mogą powodować trwałe, szkodliwe zmiany w organizmie. Możliwe jest występowanie zjawiska rezonansu struktur narządów wewnętrznych organizmu.

Nadmierna długotrwała ekspozycja na infradźwięki i dźwięki o niskiej częstotliwości o dużej intensywności (o poziomach powyżej 90-110 dB i częstotliwościach z zakresu poniżej 500 Hz) może być przyczyną wielu dolegliwości, m.in. nieprawidłowej pracy układów: nerwowego, krążenia, oddechowego, pokarmowego, określanych przez niektórych badaczy mianem choroby wibroakustycznej (Vibroacoustic Disease - VAD) [34]. Choroba ta definiowana jest jako ogólnoustrojowa patologia, wiążąca się z nieprawidłowym rozrostem substancji pozakomórkowych (kolagenu i elastyny) przy braku stanów zapalnych. Efektem końcowym jest zagęszczenie struktur tkankowych, widoczne m. in. w naczyniach krwionośnych, osierdziu, tchawicy, płucach i nerkach (obserwowane zarówno u zwierząt laboratoryjnych - szczurów oraz u pacjentów), a w konsekwencji zmiany w układzie sercowo-naczyniowym, oddechowym i nerwowym. Jak dotąd nie udało się określić zależności dawka - efekt. Niektóre wyniki badań wskazują na to, że infradźwięki o częstotliwości 2-20 Hz i poziomie ciśnienia akustycznego 115-120 dB mogą powodować

wydłużenie o 30-40 % czasu reakcji u kierowców samochodów w teście sprawności psychomotorycznej oraz przyczyniać się do powstawania objawów senności [35].

Wg raportu z badań epidemiologicznych dot. kryteriów oceny szkodliwości i uciążliwości hałasu z dominującym udziałem infradźwięków i hałasu niskoczęstotliwościowego w ekspozycji zawodowej [35] (mimo braku wskazania na potrzebę ustalenia i ustanowienia NDN dla hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego) wynika konieczność kontynuowania badań w tym zakresie.

3.2. Drgania mechaniczne

Drgania mechaniczne przenoszone z układów mechanicznych do organizmu człowieka mogą działać szkodliwie bezpośrednio na tkanki i naczynia krwionośne; mogą także doprowadzić do wzbudzenia niebezpiecznych drgań rezonansowych narządów wewnętrznych lub struktur komórkowych. Długotrwałe narażenie człowieka na drgania może wywołać w organizmie silne zaburzenia, doprowadzając do trwałych, nieodwracalnych zmian chorobowych; rodzaj tych zmian zależy od sposobu oddziaływania drgań na pracownika [8, 9, 14, 15].

Narażenie na drgania mechaniczne przznoszone do organizmu przez kończyny górne powoduje głównie zmiany chorobowe w układach: krążenia krwi (naczyniowym), nerwowym i kostno-stawowym. Zmiany te określane są jako zespół wibracyjny. W wielu krajach, w tym również w Polsce, zespół wibracyjny uznany został za chorobę zawodową. Najczęściej rejestrowaną postacią zespołu wibracyjnego jest tzw. postać naczyniowa, charakteryzująca się napadowymi zaburzeniami krążenia krwi w palcach rąk. Występujące wówczas napadowe skurcze naczyń krwionośnych objawiają się blednięciem opuszki jednego lub kilku palców - „choroba białych palców” (HAVS). Inne postacie zespołu wibracyjnego to postać naczyniowa i postać kostno-stawowa, mogą wystąpić też postacie mieszane [8, 9, 14, 15].

Zmiany w układzie nerwowym powstałe na skutek działania drgań miejscowych to głównie zaburzenia czucia: dotyku, wibracji, temperatury, a także dolegliwości w postaci drętwienia czy mrowienia palców i rąk. Narażenie na drgania działające przez ręce może także wywołać objawy tzw. zespołu cieśni nadgarstka (CTS), w którym zaburzenia związane są z uciskiem nerwu (pośrodkowego) przechodzącego przez kanał nadgarstka.

Zmiany w układzie kostno-stawowym ręki powstają głównie na skutek drgań miejscowych o częstotliwościach mniejszych od 30 Hz. Obserwuje się m.in. zniekształcenia szpar stawowych, zwapnienia torebek stawowych, zmiany okostnej, zmiany w utkaniu kostnym.

Długotrwałe działanie drgań miejscowych na organizm może być przyczyną osłabienia mięśni, ból w dłoniach i ramionach oraz obniżenie siły mięśniowej. Negatywne skutki zawodowej ekspozycji na drgania o działaniu ogólnym dotyczą zwłaszcza układu kostnego i narządów wewnętrznych. W układzie kostnym zmiany chorobowe powstają głównie w odcinku lędźwiowym kręgosłupa, rzadziej w odcinku szyjnym. Zespół bólowy kręgosłupa, podobnie jak zespół wibracyjny, został uznany w niektórych krajach (np. w Belgii i w Niemczech) za chorobę zawodową.

Zaburzenia funkcjonowania narządów wewnętrznych, pojawiające się na skutek działania drgań ogólnych, są głównie wynikiem pobudzenia poszczególnych narządów do drgań rezonansowych (częstotliwości drgań własnych większości narządów zawierają się w zakresie 2 - 18 Hz. Drgania rezonansowe mogą doprowadzić do pojawienia się krwotoków wewnętrznych i wybroczyn, w skrajnych przypadkach może dojść nawet do mechanicznego rozerwania narządów.

Najlepiej udokumentowane są niekorzystne zmiany w czynnościach narządów układu pokarmowego, w tym głównie żołądka i przełyku. Badania dużych grup narażonych zawodowo na drgania ogólne wskazują jednak, że zaburzenia występują również m.in. w narządzie przedsionkowo-ślimakowym, narządach układu rozrodczego kobiet, narządach klatki piersiowej, narządach jamy nosowo-gardłowej.

Drgania o działaniu ogólnym mogą wywoływać, oprócz uszkodzeń narządów wewnętrznych, wiele innych zaburzeń i schorzeń w organizmie, takich jak zaburzenia narządu równowagi, zaburzenia czynności mięśni i ścięgien, uszkodzenia stawów, pogarszanie się ostrości wzroku, zaburzenia w układzie krwionośnym.

Opisanym skutkom biologicznym działania drgań mechanicznych na organizm człowieka towarzyszą zazwyczaj tzw. skutki funkcjonalne [8, 14]. Zalicza się do nich m.in.: wydłużenie czasu reakcji ruchowej, wydłużenie czasu reakcji wzrokowej, zakłócenia w koordynacji ruchów, nadmierne zmęczenie, bezsenność, rozdrażnienie, osłabienie pamięci. Niekorzystne zmiany funkcjonalne prowadzą do obniżenia efektywności i jakości

wykonywanej pracy, a czasami całkowicie ją uniemożliwiają. Mogą także być przyczyną wypadków.

4. Wartości dopuszczalne hałasu infradźwiękowego

Do oceny narażenia hałasem infradźwiękowym jako czynnikiem uciążliwym na wszystkich stanowiskach pracy (w tym kierowców zawodowych) stosuje się następujące kryterium oceny – dopuszczalny równoważny poziom dźwięku G odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy lub przeciętnego tygodniowego, $L_{Geq,8h}$ lub $L_{Geq,w}$ wynoszący **102 dB** [51].

Powyższe zalecane wartości dopuszczalne dla hałasu infradźwiękowego dla ogółu pracowników (wg PN-Z-01338 [51]) zostały przyjęte z uwzględnieniem stanu wiedzy na temat skutków oddziaływania infradźwięków na organizm człowieka, kryteriów oceny proponowanych w innych krajach (m. in. w Szwecji, Rosji, USA), zaleceń zawartych w normach międzynarodowych oraz wyników badań hałasu infradźwiękowego w środowisku pracy prowadzonych m.in. w CIOP - PIB i w IMP - Łódź.

5. Wartości dopuszczalne drgań mechanicznych

Obowiązujące obecnie wartości dla dziennej ekspozycji i ekspozycji krótkotrwałej określone jako dopuszczalne ze względu na ochronę zdrowia pracowników (NDN) podane są w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [50]. Zamieszczono je w Tab. 1.

Tab. 1. Wartości dopuszczalne ekspozycji na drgania mechaniczne (NDN) [50].

Rodzaj drgań	**Wartości dopuszczalne dziennej ekspozycji na drgania mechaniczne (NDN)**	**Wartości dopuszczalne krótkotrwałych ekspozycji na drgania mechaniczne (NDN)**
Drgania działające przez kończyny górne (drgania miejscowe)	$A(8)_{dop} = 2{,}8\, m/s^2$	$a_{hv,30\min,dop} = 11{,}2\, m/s^2$
Drgania o działaniu ogólnym (drgania ogólne)	$A(8)_{dop} = 0{,}8\, m/s^2$	$a_{w,30\min,dop} = 3{,}2\, m/s^2$

Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne [49] wprowadza, za dyrektywą 2002/44/WE, dodatkowe kryterium oceny dziennej ekspozycji na drgania - próg działania**.** Wartości progów działania zawiera Tab. 2.

Tab. 2. Wartości progów działania dla dziennej ekspozycji na drgania mechaniczne [49].

Rodzaj drgań	**Wartości progów działania dla drgań mechanicznych**
Drgania działające przez kończyny górne (miejscowe)	$A(8)_{dzialanie} = 2{,}5\, m/s^2$
Drgania o działaniu ogólnym (ogólne)	$A(8)_{dzialanie} = 0{,}5\, m/s^2$

Po przekroczeniu podanych w rozporządzeniu wartości pracodawca zobowiązany jest do podjęcia działań zmniejszających ryzyko zawodowe (ze względu na drgania).

6. Hałas i drgania mechaniczne na stanowiskach pracy kierowców pojazdów

6.1. Hałas

Doniesienia literaturowe [10, 16, 30] dotyczące hałasu w pojazdach wskazują, że:

- równoważne poziomy dźwięku A w zależności od rodzaju pojazdu i prędkości jazdy wynoszą 60-76 dB,
- poziomy ekspozycji na hałas odniesione do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasy pracy w środkach komunikacji miejskiej nie przekraczają wartości dopuszczalnych NDN [50],
- równoważne poziomy dźwięku G w zależności od rodzaju pojazdu i prędkości jazdy zawierały się w zakresie od 92 do 114 dB,
- najwyższą średnią równoważnego poziomu dźwięku G wśród poszczególnych grup pojazdów odnotowuje się dla grupy autobusów miejskich,
- brak jest widocznych różnic wartości hałasu infradźwiękowego między różnymi typami autobusów miejskich,
- hałas infradźwiękowy w autobusach zarówno miejskich jak i pozostałych przekracza wartości stanowiące kryterium uciążliwości (L_{Geq}=102 dB [51]) przy każdej z badanych prędkości poruszania się pojazdu,
- hałas infradźwiękowy wewnątrz pojazdu w istotny zależy od stanu nawierzchni, po której porusza się pojazd – zły stan nawierzchni może spowodować wzrost równoważnego poziomu dźwięku G nawet o 15 dB.

6.2. Drgania mechaniczne

Analizując doniesienia literaturowe dotyczące drgań mechanicznych w pojazdach [13, 16, 30] można stwierdzić, że:

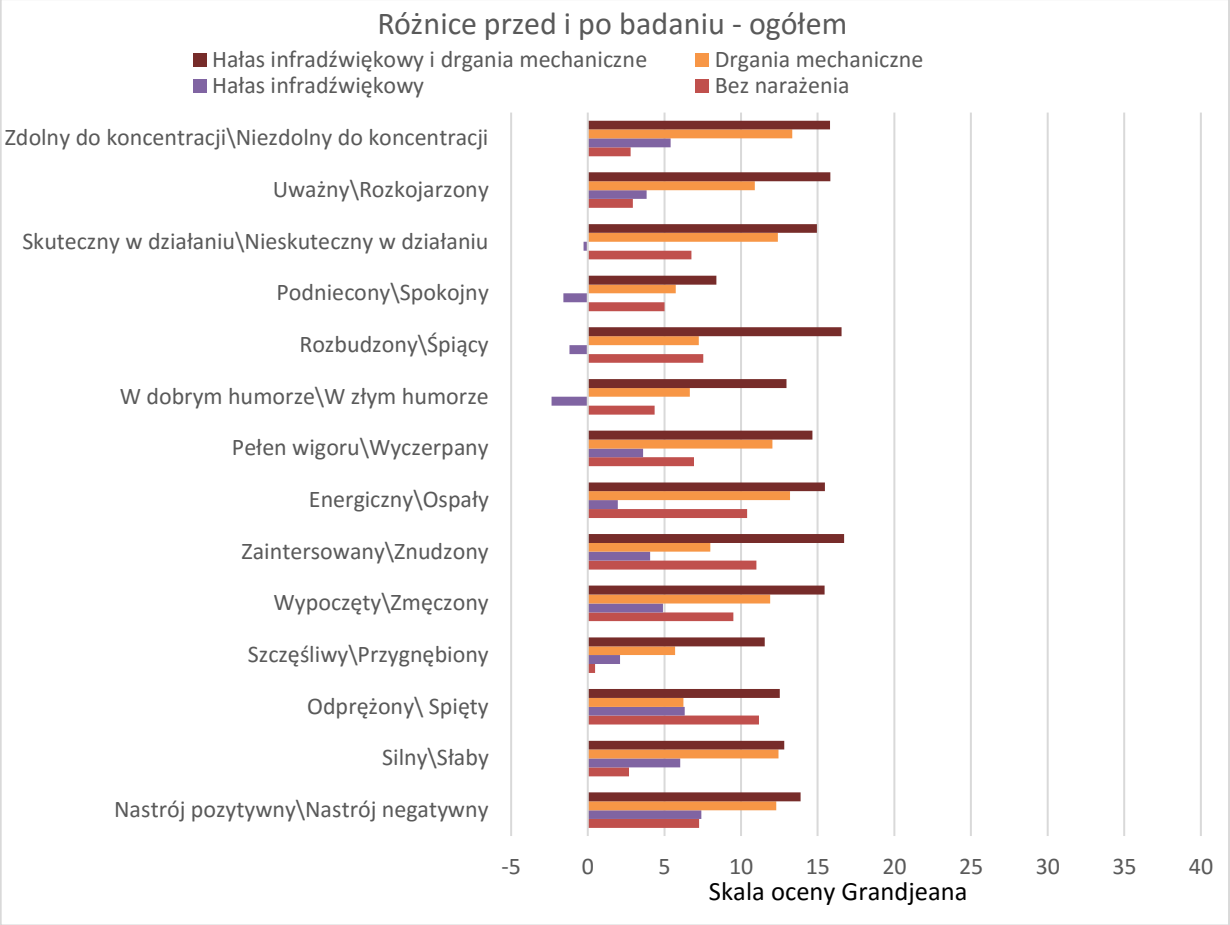
- wartości dziennej ekspozycji na drgania ogólne w pojazdach drogowych zawierają się w zakresie 0,32 – 0,77 m/s^2 w zależności od rodzaju pojazdu, przy czym najczęściej wartości te wahają się od 0,5 do 0,6 m/s^2,
- wartości dziennych ekspozycji drgań działających przez kończyny górne w pojazdach drogowych są bardziej zróżnicowane w zależności od rodzaju pojazdu i zawierają się w zakresie od 1,06 do 2,85 m/s^2,
- wśród środków komunikacji miejskiej najwyższe wartości dziennej ekspozycji na drgania ogólne odnotowuje się w autobusach miejskich,
- brak jest widocznych różnic wartości hałasu infradźwiękowego między różnymi typami autobusów miejskich,
- wartość dziennej ekspozycji na drgania ogólne i miejscowe w znacznie większym stopniu zależy od trasy przejazdu niż od rodzaju pojazdu,
- wartości dziennej ekspozycji na drgania ogólne i miejscowe w środkach komunikacji miejskiej nie przekraczają wartości dopuszczalnych NDN [50].

7. Badania łącznego oddziaływania hałasu infradźwiękowego i drgań mechanicznych

Badania przeprowadzono w grupie 30 kierowców w dwóch podgrupach: kierowców amatorów (15 osób) i kierowców zawodowych (15 osób). Scenariusz badań obejmował cztery rodzaje badań: brak ekspozycji na hałas infradźwiękowy i drgania o działaniu ogólnym, ekspozycja na hałas infradźwiękowy, ekspozycja na drgania o działaniu ogólnym oraz ekspozycja na hałas infradźwiękowy i drgania o działaniu ogólnym. W badaniach wykorzystano opracowaną w CIOP-PIB metodę badawczą do oceny sprawności psychofizycznej w różnych warunkach narażenia na czynniki fizyczne. Zastosowano w niej 6 testów, oceniających sprawność psychofizyczną w zakresie psychomotoryki i procesów poznawczych (ocena czasu reakcji, uwagi i koncentracji oraz antycypacji czasowo ruchowej).

Wnioski z badań:

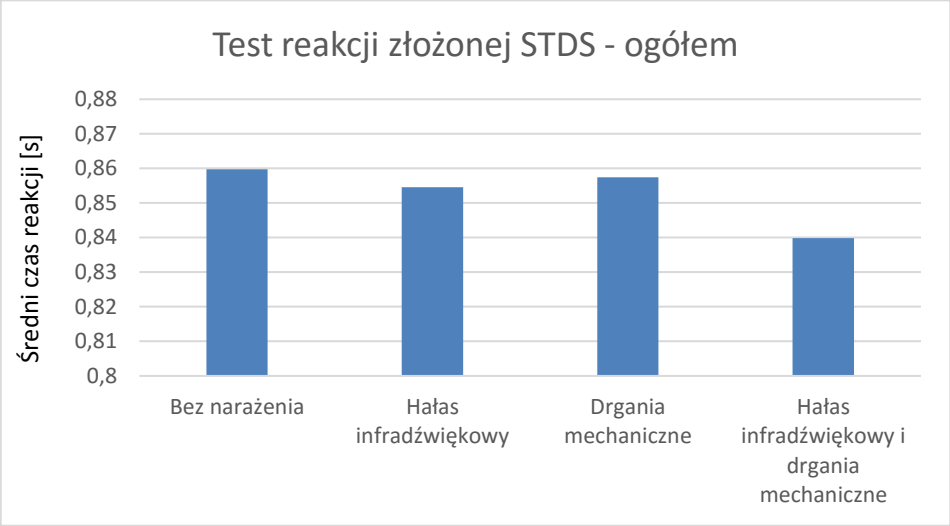
A. Wyniki testu Skali Grandjeana wykazały, że badania w których występowały drgania mechaniczne bardziej nasilały negatywne odczucia wśród badanych niż badania bez drgań (Rys. 1). Rozpatrując dwie grupy – kierowców amatorów oraz kierowców zawodowych – można było zaobserwować dużo większe różnice w wynikach testu dla kierowców amatorów. W tej grupie wskazywano na większą senność, większe znudzenie, zmęczenie, większe wyczerpanie czy mniejszą zdolność do koncentracji występujące po badaniu.



Rys. 1. Wyniki testu skala Grandjeana – różnice wartości przed i po badaniu dla rozpatrywanych wariantów narażenia (ogół badanych).

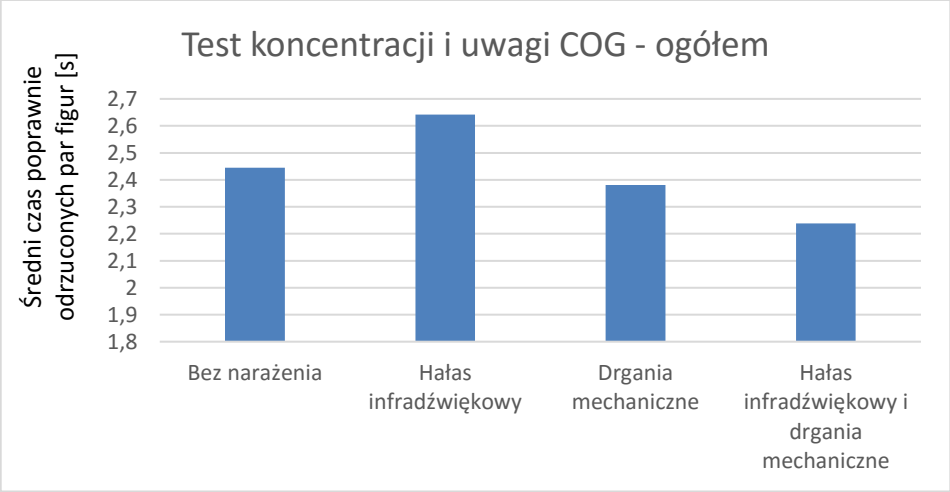
B. Wyniki testów czasu reakcji (zarówno prostej, jak i złożonej) nie wykazały jednoznacznego skrócenia czy wydłużenia przeciętnych czasów reakcji w wyniku narażenia na rozpatrywane czynniki fizyczne (Rys. 2). Różnice względem badania bez narażenia sięgały maksymalnie 2,3% (skrócenie czasu reakcji) dla testu reakcji złożonej, 2% (skrócenie czasu reakcji) dla testu reakcji prostej na światło i 4,9%

(wydłużenie czasu reakcji) w przypadku reakcji prostej na dźwięk. We wszystkich wariantach narażenia kierowcy uzyskiwali dłuższe czasy reakcji złożonej niż kierowcy amatorzy.



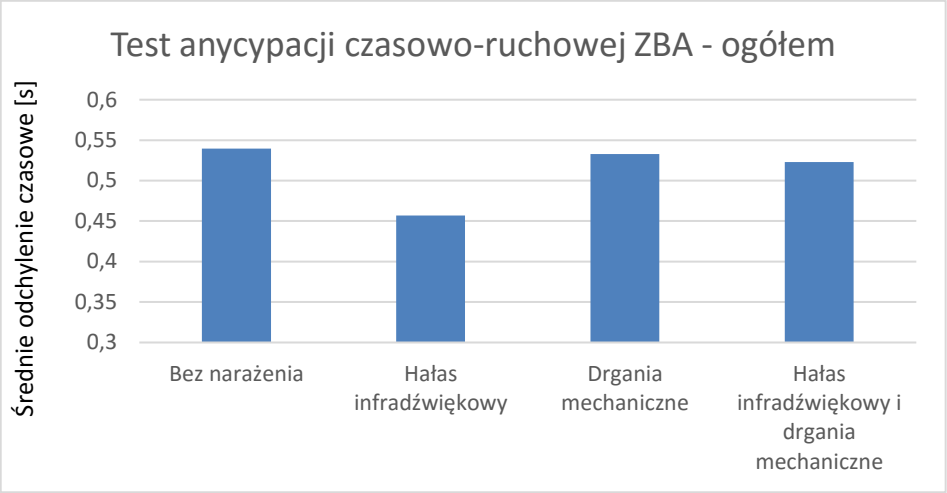
Rys. 2. Wyniki testu reakcji złożonej (STDS) – uśrednione wartości dla rozpatrywanych wariantów narażenia (ogół badanych).

C. Wyniki testu koncentracji i uwagi wykazały, że najwyższe przeciętne czasy poprawnie odrzuconych par figur występowały dla badania z narażeniem na hałas infradźwiękowy zarówno dla ogółu badanych, jak i dla poszczególnych grup kierowców. W większości wariantów narażenia na rozpatrywane czynniki fizyczne kierowcy zawodowi uzyskiwali dłuższe przeciętne czasy poprawnie odrzucanych par niż kierowcy amatorzy (Rys. 3).



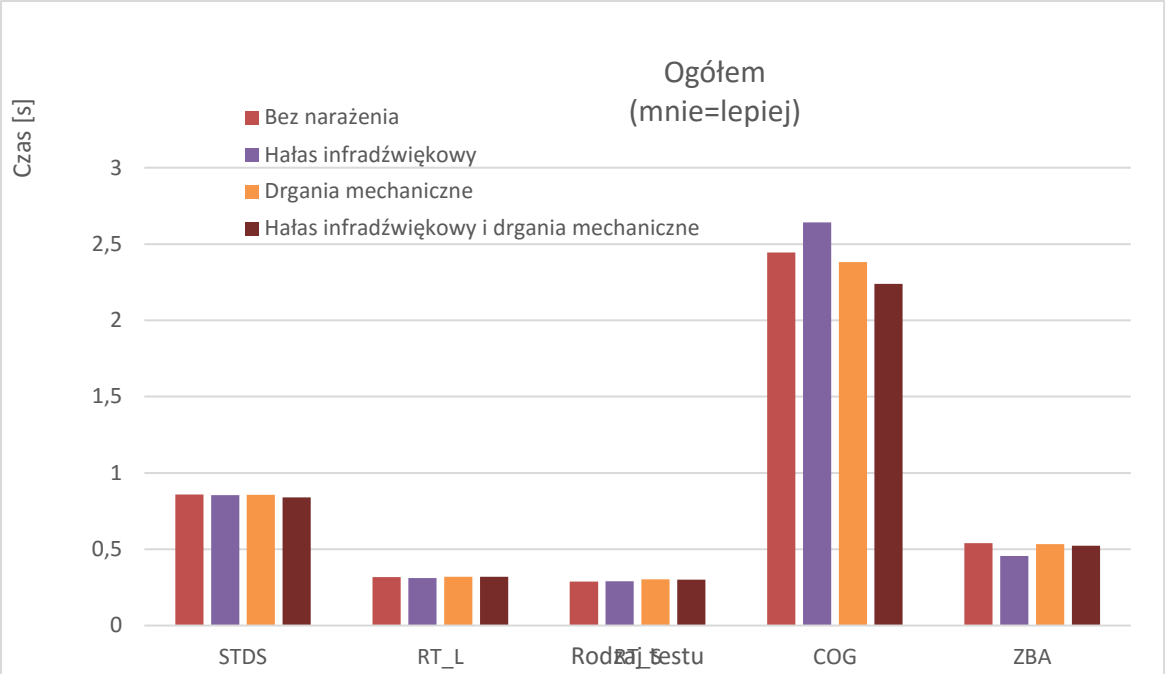
Rys. 3. Wyniki testu koncentracji i uwagi (COG) – uśrednione wartości dla rozpatrywanych wariantów narażenia (ogół badanych).

D. Wyniki testu antycypacji czasowo-ruchowej wykazały, że najniższe średnie odchylenia czasowe występowały dla badania z hałasem infradźwiękowym zarówno dla ogółu jak i dla poszczególnych grup kierowców (Rys. 4). Wśród ogółu badanych odnotowano również, ze najdłuższe przeciętne odchylenia czasowe wystąpiły dla badania bez narażenia.



Rys. 4. Wyniki testu antycypacji czasowo-ruchowej (ZBA) – uśrednione wartości dla rozpatrywanych wariantów narażenia (ogół badanych).

Nie zaobserwowano jednoznacznych tendencji w wynikach testów mogących świadczyć o pogarszaniu się sprawności psychofizycznej w wyniku odziaływania (również i łącznego) hałasu infradźwiękowego i drgań mechanicznych (Rys. 5).



Rys. 5. Zbiorcze wyniki testów oceniających sprawność psychofizyczną w zakresie psychomotoryki i procesów poznawczych dla czterech wariantów narażenia na czynniki fizyczne

8. Bibliografia

1. ACGIH (2011) Threshold limit values for chemical substances and physical agents TLV's and BEI's, 116.
2. Augustyńska D. Wartości graniczne ekspozycji na infradźwięki – przegląd piśmiennictwa PiMOŚP nr 2(60), 2009,5 – 15
3. Danielsson A., Landström U. (1985) Blood pressure changes in ma during infrasonic exposure. An experimental study. Acta Media Scandinavica, 217, 531-535,
4. Damijan, Z. Kowalczyk – Hauser M., Panuszka R. (1996): Ocena wpływu energii infradźwiękowej na organizmy żywe, ZN AGH Mechanika, nr 3, s. 263 – 274,
5. Elliot S. J., A review of active noise and vibration control in road vehicles, ISVR Technical Memorandum No 981, University of Southhampton, 2008,
6. Evans M.J., Tempest W. (1972) Some effects of infrasonic noise in transportation. J. Sound and Vibration 22(1), 19-24,
7. Fohr, F. et al., Active exhaust line for truck diesel engine, Proceedings of the 2002 International Symposium on Active Control of Sound and Vibration, Southampton, 15-17 July, United Kingdom, 2002,

8. Griffin M. J.: Handbook of Human Vibration. London, Academic Press 1990.
9. Harazin B.: Zagrożenie zdrowia wywołane działaniem drgań mechanicznych, Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Sosnowiec 2000.
10. Kaczmarska A., Wierzejski A., Hałas Infradźwiękowy na stanowiskach pracy kierowców w warunkach eksperymentalnych, Bezpieczeństwo Pracy 7-8/2007, CIOP-PIB, Warszawa, str. 12-15
11. Kasprzak C., Influence of Infrasound on the Alpha Rhythm of EEG Signal, Acta Physica Polonica A, 121 (1A): A61-A64, 2012
12. Kolesnik A.G., Pobachenko S.V., Solov'yov A.V., Estimation of contingency of parameters of human EEG and background infrasonic vibrations of pressure revealed in monitoring studies, Izvestiya Atmospheric And Oceanic Physics, 49 (8): 812-818 2013
13. Kowalski P., Drgania i hałas w pojazdach drogowych, Bezpieczeństwo Pracy 5/2007, CIOP-PIB, Warszawa str. 10-13
14. Koradecka D., Lipowczan A.: Drgania mechaniczne (wibracje). [W:] Bezpieczeństwo pracy i ergonomia. Red. D. Koradecka. T.1. Warszawa, CIOP
15. Koton J., Harazin B.: Skutki zdrowotne zawodowego narażenia na drgania miejscowe. Warszawa, CIOP 2000.
16. Kowalski P., Drgania i hałas w pojazdach drogowych, Bezpieczeństwo Pracy - nauka i praktyka, 5/2007, str. 10-13.
17. Kowalski P., Badanie metodą energetyczną równoczesnego działania drgań i hałasu na kierowców środków transportu drogowego - Raport Końcowy, Program Wieloletni - Nr: 1.A.01, CIOP-PIB, Warszawa, 2004
18. Khan I.A., Mallick Z., Khan Z.A., A study on the combined effect of noise and vibration on operators' performance of a readability task in a mobile driving environment, Int J Occup Saf Ergon, 13(2):127-36, 2007.
19. Landström U., Byström M. (1984) Infrasonic threshold levels of physiological effects. J. Low. Freq. Noise Vibr. 3(4) 167-173,
20. Landström U., Byström M. (1992): Infrasonic threshold levels of physiological effects. (Journal of Low Frequency Noise & Vibration, 11, 42,
21. Landström U., Pelmer P.(1993) Infrasound a Short Review, Journal of Low Frequency & Vibration, Vol 12, , No. 2, s.72-74,
22. Leventhall H.G.(1995) The role of low frequency noise and infrasound quality. Inter-Noise 95, Newport Beach 1995,

23. Ljunberg J.K., Parmentier F.B.R, Psychological effects of combined noise and whole-body vibration: a review and avenues for future research, Proc. IMechE Vol. 224 Part D: J. Automobile Engineering, 2010
24. Łuczak A., Najmiec A., Badania sprawności psychofizycznej kierowców wypadkowych i bezwypadkowych w aspekcie prewencji wypadkowej i zwiększania kultury bezpieczeństwa w transporcie drogowym, ZUS, Warszawa 2009
25. Mahendra K., Sridar V. (2008) The relationship between noise frequency components and physical, physiological and psychological effects of industrial workers. Noise and Health 10, 90-98,
26. Mirowska M. i inni (1998) Badania hałasów o częstotliwościach 2-125 Hz w budownictwie w celu opracowania kryteriów ich oceny oraz stopnia ich uciążliwości Projekt badawczy ITB nr 7T07B043 cz. I-III,
27. Mitraszewska I., Sytuacja w Polsce, Materiały konferencyjne IRU Academy, Gdynia , 14 września 2012.
28. Morzyński L. Aktywna redukcja hałasu niskoczęstotliwościowego w dźwiękoizolacyjnych kabinach przemysłowych, Bezpieczeństwo Pracy nr 1, 2005 r.,
29. Nader M., Eksperymentalne metody badania drgań środków transportu w aspekcie ich oddziaływania na organizm ludzki Prace naukowe Transport z.44, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2000
30. Nader M., Modelowanie i symulacja oddziaływania drgań pojazdów na organizm człowieka, Prace naukowe Transport z.46, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2013
31. Nader M., Kruszewski M., Wykorzystanie zaawansowanych symulatorów jazdy w badaniach zachowania I umiejętności kierowców, Prace naukowe Transport z.46, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2013
32. Najmiec A., Psychospołeczne warunki pracy kierowcy autobusu komunikacji miejskiej, Bezpieczństwo Pracy 11/2012, CIOP-PIB, Warszawa
33. Paulsen R., Kastka J., Effects of combined noise and vibration, Journal of sound and vibration, Vol. 181, 2, p. 295-314, 1995
34. Pawlas K. (2013), Przegląd kryteriów oceny infradźwięków i hałasu niskoczęstotliwościowego w środowisku zawodowym i pozazawodowym, Medycyna Środowiskowa 2013, nr 1, s. 82-89.
35. Pawlas K. (2013), Opracowanie propozycji kryteriów oceny szkodliwości i uciążliwości hałasu z dominującym udziałem infradźwięków i hałasu

niskoczęstotliwościowego w ekspozycji zawodowej, Program Wieloletni (PBR) - Nr: II.B.09, CIOP-PIB, Warszawa 2013

36. Pawlas K. (2009), Wpływ infradźwięków i hałasu o niskich częstotliwościach na człowieka PiMOŚP nr 2(60), 2009, s.27-64,
37. Pawlaczyk – Łuszczyńska M, i inni (2001) Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego. Wydawnictwo Międzyresortowej Komisji ds. NDS i NDN pt. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy Rok XVII zeszyt nr 2(28),
38. Takahashi Y., Harada N. (2007) A consideration of an evaluation index for high – level low-frequency noise by talking into account the effect of human body vibration. J. Low. Freq. Noise Vibration & Active Control 26(1), 15-27,
39. Takahashi Y., Harada N. (2007) A consideration of an evaluation index for high – level low-frequency noise by talking into account the effect of human body vibration. J. Low. Freq. Noise Vibration & Active Control 26(1), 15-27,
40. Takahashi Y. i in. (2005)A study of relationship between subjective unpleasantness and body surface vibration induced by high-level low-frequency pure ton. Industrial Heath 4, 580-587.
41. Tempest W. (1976) Infrasound and low frequency vibration. London, Academic Press.
42. Tsukernikov E., Nekrasov I.,A. (2005): To infrasound assessment as harmful physical factor Proceedings of Twelfth International Congress on Sound and Vibration, Lisbon 2005,
43. Tutak, T., Wpływ charakteru wibracji stochastycznej na działalność operatorską w układzie kierowca-pojazd mechaniczny, Rozprawa doktorska, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii im. gen. K. Kaczkowskiego, tom 23, Warszawa 1985
44. Vallet M.(1987): Vibration and Low frequency noise in Motor Vehicles and Their Effects on Vigilance and Road Safety – A Literature Review Journal of low Frequency Noise and Vibration Vol. 6 No 3, s.104-114,
45. Vercammen M.,L.,S. (1989): Setting Limits for Low Frequency Noise, Journal of Low frequency noise and vibration, vol.8, no 4,
46. Vercammen M.,L.,S. (1992): Low-Frequency noise limits, Journal of Low frequency noise and vibration, vol.11, no 1,
47. Vercammen M.,L.,S. (2007): Criteria for Low Frequency noise Proceedings of 19th International Congress on Acoustics Madrid,

48. Yamazaki K., Tokita Y. (1984) Effects of infra and low frequency sound on sleep stage. Proceedings of Internoise 929-932,
49. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne, Dz. U. Nr 157, poz. 1318,
50. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. 2014 poz. 817
51. PN-N-01338: 2010 Akustyka. Pomiar i ocena hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy.
52. Sprawozdania Głównego Inspektora Pracy z działalności Państwowej Inspekcji Pracy, PIP, Warszawa 2013
53. Wypadki przy pracy w 2013 r., GUS, Warszawa, 2013.
54. Global status report on road safety 2013 - Supporting a decade of action, World health organization 2013
55. FACTS 67 PL, Europejska Agencja Zdrowia i Bezpieczeństwa Pracy, https://osha.europa.eu/

CENTRALNY INSTYTUT
OCHRONY PRACY - PAŃSTWOWY
INSTYTUT BADAWCZY

22 623 36 71

www.ciop.pl

jarad@ciop.pl