



Drgania i hałas w pojazdach drogowych

dr inż. PIOTR KOWALSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

W artykule przedstawiono ocenę drgań mechanicznych i hałasu działających na kierowców różnych pojazdów drogowych. Oceny dokonano na podstawie wyników przeprowadzonych badań terenowych. Badania na wybranych stanowiskach pracy wykazały porównywalne narażenia pochodzące od drgań działających przez kończyny górne i od drgań działających w sposób ogólny. W większości przypadków zarejestrowane poziomy hałasu były poniżej wartości dopuszczalnej (NDN). Mimo że drgania jak i hałas nie przekraczały wartości dopuszczalnych, pracownicy uskarżali się na dolegliwości związane z działaniem czynników wibroakustycznych. Metody oceny podane w odpowiednich normach nie pozwalają przy określaniu ryzyka zawodowego na uwzględnienie łącznego oddziaływania drgań i hałasu występujących jednocześnie.

Vibration and noise in road vehicles

This article presents an evaluation of mechanical vibration and noise that affect drivers of various road vehicles. This evaluation has been developed on the basis of the results of field investigations. Studies at selected workstations showed that hazards caused by hand-arm and whole-body vibration were comparable. In most cases noise was under the limit value (maximum admissible intensity of an agent harmful to health in the working environment). Although vibration or noise did not exceed limit values, workers complained of diseases related to vibroacoustic agents. Standard methods do not make it possible to evaluate the risk of vibration and noise diseases caused by the combined influence of vibrations and noise which exist simultaneously.

Wstęp

Obecnie, zarówno w Polsce jak i w Unii Europejskiej ocenę narażenia na drgania pracowników dokonuje się na podstawie metod zawartych w normach PN EN 5349 [1, 2] i PN EN 14253 [3] zaś ocenę narażenia na hałas przeprowadza się zgodnie z normą PN-ISO 1999 [4] i PN-ISO 9612 [5]. Opisane w normach metody pomiaru i oceny zakładają oddzielne rozpatrywanie drgań działających przez kończyny górne, oddzielne drgań działających w sposób ogólny i oddzielne hałasu. Jednak na bardzo wielu stanowiskach pracy (np. kierowców, operatorów maszyn samojazdnych) wymienione czynniki występują jednocześnie. Dlatego też nowe dyrektywy europejskie (2002/44/WE, 2003/10/WE) i przepisy je wdrażające przy ocenie ryzyka

zawodowego związanego z narażeniem na drgania mechaniczne i hałas zakładają uwzględnianie łącznego oddziaływania tych czynników. Uwzględnianie ekspozycji tylko na jeden z wymienionych czynników w warunkach gdy występują wszystkie 3 zagrożenia, wiąże się z pominięciem efektu ich wspólnego oddziaływania, wywołującego dodatkowo niekorzystne skutki zdrowotne w organizmie pracownika.

Badania terenowe

Przeprowadzone badania [6] miały na celu rozpoznanie i porównanie warunków wibroakustycznych w różnych rodzajach pojazdów spotykanych najczęściej na polskich drogach. Z badań wyłączono pojazdy specjalne ze względu na specyficzny cha-



Fot. 1. Pojazdy wybrane do badań
Photo. 1. Vehicles selected for tests



Fot. 2. Zestaw aparatury pomiarowej
Photo. 2. Measuring equipment



Fot. 3. Lokalizacja przetworników drgań i mikrofonu
Photo. 3. Location of accelerometers and the microphone

rakter ich użytkowania (np. wozy strażackie i wojskowe, pojazdy policyjne, ambulansy itp.). Do badań wybrano 13 pojazdów reprezentujących różne rodzaje środków transportu drogowego (fot.1.):

- 1 samochód osobowy
- 1 samochód typu van
- 1 mikrobus
- 1 bus
- 1 mały samochód dostawczy
- 1 samochód dostawczy
- 1 samochód ciężarowy skrzyniowy
- 1 samochód ciężarowy – wywrotka
- 2 autobusy dalekobieżne
- 3 samochody ciężarowe typu TIR (ciągniki z naczepą).

W celu zapewnienia możliwie stałych warunków pomiarowych, trasy przejazdu dobierano tak, aby warunki drogowe były jak najbardziej podobne zarówno pod względem długości, jakości nawierzchni i możliwości osiągnięcia normalnych prędkości jazdy, jak i proporcji między jazdą miejską i pozamiejską (starano się utrzymać proporcję 25% : 75%).

W tabeli zestawiono informacje dotyczące warunków badań w poszczególnych pojazdach.

Wszystkie badane pojazdy poruszały się z ładunkiem lub w przypadku autobusów i busa – z pasażerami, po suchej nawierzchni asfaltowej.

Prowadzone w pojazdach badania terenowe drgań działających przez kończyny górne i w sposób ogólny oraz występującego jednocześnie hałasu, polegały na jednoczesnej rejestracji przebiegów

czasowych sygnałów przyspieszeń drgań i ciśnienia akustycznego. W tym celu wykorzystano cyfrowy magnetofon pomiarowy oraz przetworniki drgań (działających w sposób ogólny i przez kończyny górne), mikrofon oraz odpowiednie przedwzmacniacze (fot. 2.).

Usytuowanie przetworników drgań i mikrofonu oraz sposób ich zamocowania

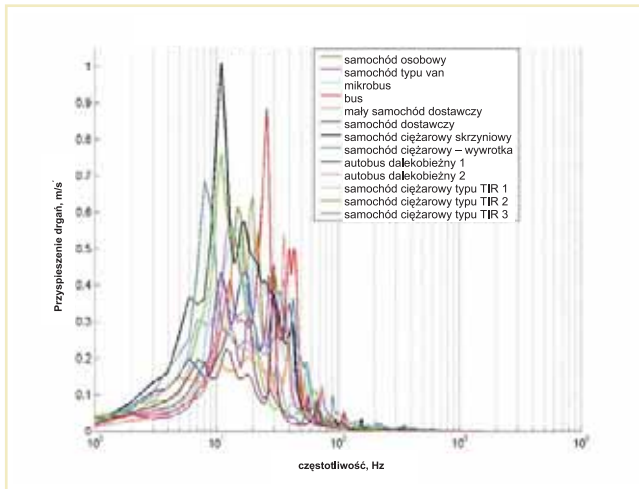
w pojazdach przedstawiono przykładowo na fot. 3.

W każdym z 13 badanych pojazdów zarejestrowano 7 sygnałów: 3 sygnały przyspieszeń drgań działających przez kończyny górne (z kierunków X, Y, Z), 3 sygnały przyspieszeń drgań działających w sposób ogólny (z kierunków X, Y, Z) oraz 1 sygnał ciśnienia akustycznego.

Tabela

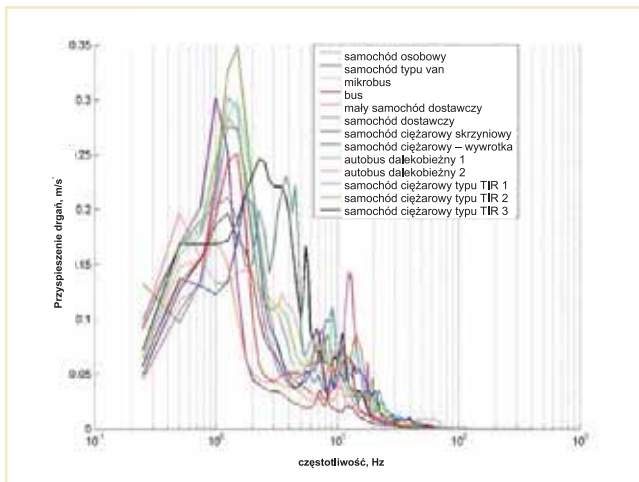
WARUNKI PODCZAS BADAŃ DRGAŃ I HAŁASU W WYBRANYCH POJAZDACH
Conditions during the measurements of vibration and noise in selected vehicles

Środek transportu	Masa kierowcy	Prędkość średnia	Warunki pogodowe
Samochód osobowy	87 kg	90 km/h	sucho, słonecznie, temp. 27 °C
Samochód typu van	83 kg	90 km/h	sucho, słonecznie, temp. 26 °C
Mikrobus	83 kg	90 km/h	sucho, słonecznie, temp. 28 °C
Bus	80 kg	90 km/h	sucho, słonecznie, temp. 23 °C
Mały samochód dostawczy	80 kg	80 km/h	sucho, pochmurno, temp. 18 °C
Samochód dostawczy	74 kg	70 km/h	sucho, słonecznie, temp. 25 °C
Samochód ciężarowy skrzyniowy	80 kg	60 km/h	sucho, słonecznie, temp. 14 °C
Samochód ciężarowy – wywrotka	104 kg	50 km/h	sucho, słonecznie, temp. 12 °C
Autobus dalekobieżny 1	88 kg	75 km/h	sucho, pochmurno/słonecznie, temp. 12 °C
Autobus dalekobieżny 2	98 kg	75 km/h	sucho, pochmurno/słonecznie, temp. 16 °C
Samochód ciężarowy typu TIR 1	65 kg	80 km/h	sucho, słonecznie, temp. 24 °C
Samochód ciężarowy typu TIR 2	97 kg	80 km/h	sucho, pochmurno/słonecznie, temp. 20 °C
Samochód ciężarowy typu TIR 3	80 kg	80 km/h	sucho, pochmurno, temp. 20 °C



Rys. 1. Wartości skorygowane sum wektorowych przyspieszeń drgań przenoszonych przez kończyny górne w funkcji częstotliwości, wyznaczone na podstawie sygnałów zarejestrowanych podczas jazdy 13 badanymi samochodami

Fig. 1. Frequency characteristics of weighted total values of hand-arm vibration in 13 tested vehicles



Rys. 2. Wartości skorygowane sum wektorowych przyspieszeń drgań działających w sposób ogólny w funkcji częstotliwości, wyznaczone na podstawie sygnałów zarejestrowanych podczas jazdy 13 badanymi samochodami

Fig. 2. Frequency characteristics of weighted total values of whole-body vibration in 13 tested vehicles

Wyniki badań

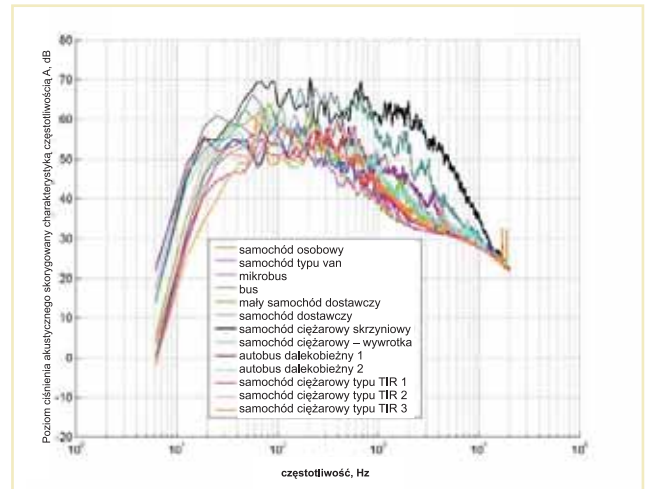
Do analiz zakwalifikowano ok. 13 godzin nagrań 91 sygnałów. Analizy zarejestrowanych sygnałów czasowych przeprowadzono przy użyciu multianalizatora w następujących zakresach częstotliwości:

- dla drgań działających ogólnie: od 0,5 Hz do 400 Hz
- dla drgań działających przez kończyny górne: od 1 Hz do 1600 Hz
- dla ciśnienia akustycznego: od 6 Hz do 20 kHz.

Wyznaczono:

- skorygowane widma drgań działających przez kończyny górne (w kierunkach X, Y, Z)
- skorygowane widma drgań działających w sposób ogólny
- widma hałasu skorygowane charakterystyką częstotliwościową A.

Na rys. 1 i 2. przedstawiono przebiegi wartości skorygowanych sum wektorowych przyspieszeń drgań przenoszonych przez koń-



Rys. 3. Poziomy ciśnienia akustycznego skorygowane charakterystyką częstotliwościową A w funkcji częstotliwości, wyznaczone na podstawie sygnałów zarejestrowanych podczas jazdy 13 badanymi samochodami

Fig. 3 Frequency characteristics of sound pressure levels (frequency weighting A) in 13 tested vehicles

czynny górne i działających w sposób ogólny w funkcji częstotliwości, wyznaczone na podstawie sygnałów zarejestrowanych podczas jazdy 13 badanymi samochodami; rys. 3. ilustruje charakterystyki częstotliwościowe poziomu ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką częstotliwościową A.

Na podstawie wyznaczonych widm przyspieszenia drgań i poziomu ciśnienia akustycznego zostały obliczone:

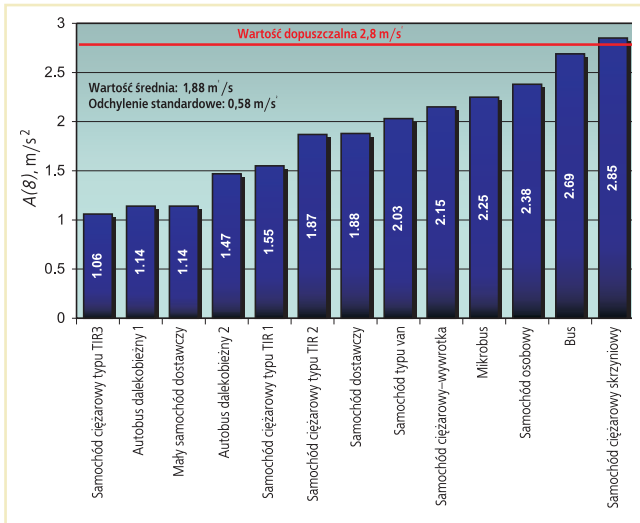
- ekspozycjeienne na drgania działające przez kończyny górne: $A(8)$, zgodnie z PN-EN ISO 5349 [1, 2], (rys. 4.)
- ekspozycjeienne na drgania działające w sposób ogólny: $A(8) = \max\{A_x(8), A_y(8), A_z(8)\}$, zgodnie z PN-EN 14253 [3], (rys. 5.)
- poziomy ekspozycjeienne na hałas $L_{EX,8hr}$ zgodnie z PN-ISO 1999 [4], (rys. 6.).

Wartości na rys. 4., 5., 6. uporządkowano od najmniejszej do największej, umieszczono na nich także wartości dopuszczalne (NDN) – zgodnie z rozporządzeniem MPIPS z dnia 29 listopada 2002 r. [7].

Podsumowanie

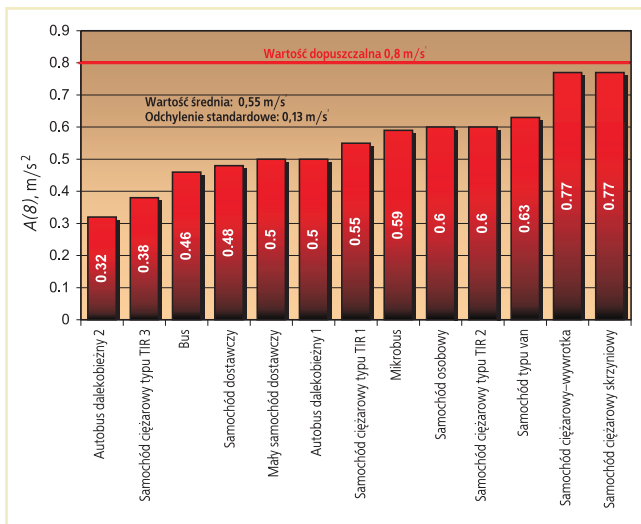
Na podstawie wyznaczonych wartości przeprowadzono ocenę narażenia na drgania i hałas na stanowiskach pracy zgodnie z obowiązującymi przepisami [1-5].

Jedynie w przypadku hałasu wystąpiły podobne wartości ciśnienia akustycznego w podobnych rodzajach pojazdów (np. samochodach ciężarowych typu TIR, autobusach dalekobieżnych). Nie zaobserwowano czytelnych relacji wiążących rodzaj pojazdu z wartością przyspieszenia emitowanych drgań działających przez kończyny górne, a także w sposób ogólny. Najlepszą ocenę ze względu na najniższe wartości dziennych ekspozycji na drgania uzyskał samochód ciężarowy typu TIR 3. Pojazdem o najniższym poziomie hałasu okazał się samochód typu van (70,4 dB). Przekroczenie wartości NDN stwierdzono tylko w jednym przypadku – w samochodzie ciężarowym skrzyniowym (wartość dziennych ekspozycji na drgania działające przez kończyny górne $2,85 \text{ m/s}^2$ przekroczyła wartość dopuszczalną $2,8 \text{ m/s}^2$, wartość poziomu dziennych ekspozycji na hałas – 87,5 dB przekroczyła wartość dopuszczalną 85 dB). Na 13 badanych pojazdów wartości dziennych ekspozycji większe niż 0,5 NDN zaobserwowano w przypadku drgań działających przez kończyny



Rys. 4. Wartości dziennych ekspozycji drgań działających przez kończyny górne $A(8)$

Fig. 4. Daily exposure values $A(8)$ of hand-arm vibration

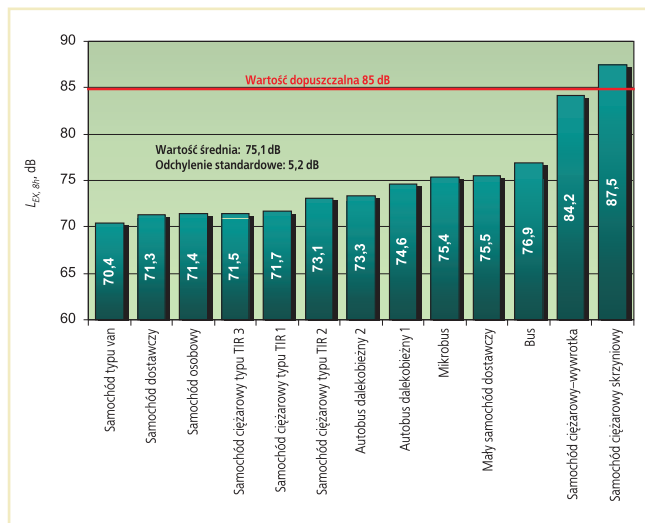


Rys. 5. Wartości dziennych ekspozycji drgań działających w sposób ogólny $A(8)$

Fig. 5. Daily exposure values $A(8)$ of whole-body vibration

górne – w 10 pojazdach; w przypadku drgań działających w sposób ogólny – w 11 pojazdach; w przypadku hałasu – w 2 pojazdach. Mimo że narażenie na hałas w 11 pojazdach okazało się małe, należy uważać na zastosowanie przy jego ocenie korekcji charakterystyk częstotliwościową A, która skutecznie zamaskowała niskoczęstotliwościowy charakter rejestrowanych sygnałów ciśnienia akustycznego sprawiający, że ten rodzaj hałasu jest szczególnie uciążliwy.

Analizując łączne zagrożenia drganiami i hałasem we wszystkich 13 badanych pojazdach można stwierdzić, że ryzyko zawodowe związane z tymi czynnikami tylko w jednym przypadku (samochód ciężarowy skrzyniowy) okazało się duże (przekroczenie NDN); w 12 przypadkach było co najwyżej średnie (przekroczone 0,5 NDN). Pojawia się zatem problem – dlaczego praca w takich warunkach wywołuje u kierowców dolegliwości związane z działaniem czynników wibroakustycznych. Mimo że oddziaływanie na organizm człowieka drgań działających przez kończyny górne i w sposób ogólny oraz hałasu różni się, to dawka energii wibroakustycznej pochla-



Rys. 6. Wartości poziomów dziennych ekspozycji na hałas $L_{EX,8h}$

Fig. 6. Values of daily levels of exposure to noise $L_{EX,8h}$

nianej przez organizm pracownika jest sumą dawek pochodzących od drgań i hałasu. Wykorzystanie w badaniach własności wielkości związanej z energią wibroakustyczną – dawki drgań i hałasu jaką jest sumowanie, daje teoretyczną możliwość połączenia ekspozycji na te czynniki. To nowe ujęcie omawianego problemu jest obecnie przedmiotem prac realizowanych w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym [6].

PIŚMIENICTWO

- [1] PN-EN ISO 5349 – 1:2004 *Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 1: Wymagania ogólne*
- [2] PN-EN ISO 5349 – 2:2004 *Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 2: Praktyczne wytyczne do wykonywania pomiarów na stanowisku*
- [3] PN-EN 14253 *Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia. Wytyczne praktyczne*
- [4] PN-ISO 1999 *Akustyka – Wyznaczanie ekspozycji zawodowej na hałas i szacowanie uszkodzenia słuchu wywołanego hałasem*
- [5] PN-ISO 9612 *Akustyka – Wytyczne do pomiarów i oceny ekspozycji na hałas w środowisku pracy*
- [6] Praca nr 1.A01. *Badanie metodą energetyczną równoczesnego działania drgań i hałasu na kierowców środków transportu drogowego. II etap, CIOP-PIB Warszawa 2006, praca nie publikowana*
- [7] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 217, poz. 1833

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowywanego w latach 2005-2007 w zakresie badań naukowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy