

Marcin SCHABEK, Bogusław ŁAZARZ, Piotr CZECH, Tomasz MATYJA, Kazimierz WITASZEK

ODDZIAŁYWANIE DRGAŃ MIEJSCOWYCH NA KIEROWCĘ I PASAŻERÓW POPRAZ KIEROWNICĘ I UCHWYTY W SAMOCHODACH OSOBOWYCH – CZ. 1

Streszczenie

Praca maszyn wszelkiego typu wywołuje drgania samego urządzenia jak również oddziałuje na jego otoczenie. Drgania przenoszone są na człowieka od ich źródeł przez różne elementy konstrukcyjne. W zależności od ich rodzaju część drgań zostaje wytłumiona, ale niektóre z nich mogą zostać zwiększone wskutek wystąpienia zjawiska rezonansu. Człowiek cały czas narażony jest na drgania oraz ich niekorzystne działanie. Długotrwałe oddziaływanie drgań na człowieka może powodować choroby. Wykonywanie niektórych zawodów przez człowieka powoduje zwiększone narażenie na ich wystąpienie. Do takich zawodów należy między innymi zawód kierowcy. W artykule, stanowiącym pierwszą z dwóch części, przedstawiono wyniki badań dotyczących oddziaływania drgań miejscowych na kierowcę i pasażera samochodów osobowych.

WSTĘP

Współczesny człowiek większość czasu spędza w bliskim kontakcie z urządzeniami technicznymi – począwszy od sprzętu gospodarstwa domowego, poprzez elektryczne maszyny do golenia, skończywszy na środkach transportu. Styczeń z tymi maszynami i urządzeniami, zarówno o prostej jak i o skomplikowanej budowie, ściśle związana jest z procesami drganiowymi zachodzącymi w urządzeniach lub w ich otoczeniu.

W przeważającej większości drgania powodowane są przez różnego rodzaju maszyny i urządzenia stanowią procesy szkodliwe, mając ujemny wpływ na człowieka i wywołując u niego różnego rodzaju schorzenia. Powodują również zaburzenia w prawidłowym funkcjonowaniu samego urządzenia.

Drgania przenoszone są na człowieka od różnych źródeł przez elementy konstrukcji budynków, urządzeń ręcznych, maszyn, samochodów. Można powiedzieć, że wszyscy są narażeni na szkodliwe działanie drgań.

Oddziaływanie drgań jest szczególnie niebezpieczne dla ludzi wykonujących niektóre zawody, takie jak operatorzy urządzeń wibrodarowych, zawodowi kierowcy, itp. Ludzie wykonujący te zawody poddani są długotrwałym procesom drganiowym. Drgania przenoszone są w tym przypadku przez kołozębny górny, powodując u ludzi występowanie choroby wibracyjnej.

Narażeniu na procesy drganiowe podlegają nie tylko zawodowi kierowcy, ale każdy kierujący samochodem, bądź będący pasażerem narażony jest na niekorzystny wpływ drgań.

Podczas przemieszczania się nadmierne drgania w różnego rodzaju środkach transportu zaburzają komfort podróżowania, potrzebę spokoju, wypoczynku, regeneracji sił. Wpływają na psychikę i sprawność działania. W środkach transportu drgania, na które narażony jest człowiek, przenoszone są przez kierownicę, wszelkiego rodzaju uchwyty, fotel i podłogę.

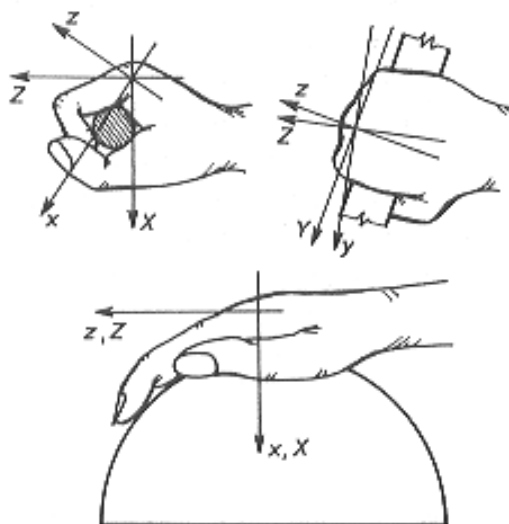
Niekorzystny wpływ drgań mechanicznych na organizm człowieka jest od wielu lat przedmiotem systematycznych obserwacji i badań. W literaturze można znaleźć cały szereg opracowań związanych z analizą zjawisk drganiowych, jak również ich redukcją [1-34].

W artykule przedstawiono analizę drgań miejscowych działających na kierowcę poprzez kierownicę oraz na pasażerów poprzez

uchwyty w drzwiach. Analiz dokonano dla różnych prędkości jazdy dla czterech samochodów osobowych. W czasie rejestracji drgań samochody poruszały się po nawierzchni typu kostka brukowa. Artykuł stanowi pierwszą z dwóch części.

1. OPIS BADAŃ

W trakcie badań mierzono wartości skuteczne przyspieszeń drgań miejscowych działających na kierowcę poprzez kierownicę i na pasażera poprzez uchwyt umieszczony w drzwiach przednich. Mierzono drgania w dwóch prostokątnych do siebie kierunkach – Z i X. Kierunki działania drgań miejscowych pokazano na rysunku 1. Pomiary zostały przeprowadzone zgodnie z normą PN-91/N-01352.



Rys. 1. Kierunek pomiaru drgań miejscowych
Źródło: PN-91/N-01352

Pomiary były wykonywane na postoju – nabiegu jałowym, oraz w trakcie jazdy samochodu z prędkością:

- 10 [km/h],
- 20 [km/h],
- 30 [km/h],
- 40 [km/h],

- 50 [km/h],
- 60 [km/h].

Jazda samochodu odbywała się po nawierzchni typu kostka brukowa.

Badania przeprowadzono dla czterech samochodów:

- Volkswagen Polo,
- Daewoo Tico,
- Fiat Punto,
- Daewoo Lanos.

Podczas wykonywania pomiarów dla samochodów Volkswagen Polo i Daewoo Tico droga była sucha, nie występowały opady. W przypadku pomiarów wykonywanych dla samochodów Fiat Punto i Daewoo Lanos nawierzchnia drogi była pokryta cienką warstwą śniegu, ale nie występowały opady. Samochody zostały wyposażone w komplet opon zimowych. Ciśnienie w ogumieniu zostało zmierzony i było zgodne z zaleceniami producenta.

Przed pomiarem każdy z samochodów został rozgrzany do normalnej temperatury eksploatacyjnej.

Podczas każdego z wykonanych pomiarów w pojeździe znajdowały się cztery osoby.

Pomiar drgań był wykonany przy pomocy urządzenia SVAN 912A (AE) firmy Svantek, czujnika przyspieszenia Dytran 3185D oraz kabla SC 30 łączącego czujnik z miernikiem.

SVAN 912A (AE) jest cyfrowym analizatorem i miernikiem dźwięku oraz drgań klasy 1.

Pomiary były przeprowadzone w porze dziennej w godzinach od 10:00 do 16:00.

Mierzono sygnały przyspieszeń drgań w dziedzinie czasu, a na ich podstawie wyznaczone zostały chwilowe widma częstotliwości.

Prędkość jazdy była ustalana z dokładnością do ok. 2 [km/h].

Pomiary dla każdej prędkości jazdy i biegu jałowego zostały wykonane trzykrotnie oraz uśrednione celem wyeliminowania ewentualnych błędów pomiarowych.

2. WYNIKI BADAŃ DLA SAMOCHODU VOLKSWAGEN POLO

Sposób i miejsce pomiaru drgań zostało przedstawione na rysunkach 2 i 3.

Wyniki pomiarów zestawiono w tabelach 1 – 4.

Tab. 1. Drgania miejscowe działające na kierowcę w kierunku Z

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s ²]			Wartość uśredniona [m/s ²]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,1122	0,0989	0,1035	0,1048
10 km/h	0,5890	0,3890	0,3760	0,4513
20 km/h	0,8710	0,8410	0,9020	0,8713
30 km/h	1,6600	1,2740	1,8410	1,5916
40 km/h	2,0650	2,0180	2,2600	2,1143
50 km/h	2,9900	2,2650	2,7200	2,6583
60 km/h	3,6300	3,2000	3,6300	3,4860

Tab. 2. Drgania miejscowe działające na kierowcę w kierunku X

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s ²]			Wartość uśredniona [m/s ²]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,0480	0,0507	0,0500	0,0495
10 km/h	0,3510	0,4680	0,4420	0,4203
20 km/h	0,8320	0,6680	0,6920	0,7306
30 km/h	0,8220	0,7410	0,8040	0,7890
40 km/h	1,1350	1,5310	1,2450	1,3036
50 km/h	2,5410	2,1880	1,8410	2,1900
60 km/h	1,8620	1,8840	1,9950	1,9136

Tab. 3. Drgania miejscowe działające na pasażera w kierunku Z

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s ²]			Wartość uśredniona [m/s ²]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,0412	0,0380	0,0385	0,0392
10 km/h	0,3050	0,2790	0,2340	0,2726
20 km/h	0,5560	0,6460	0,5430	0,5816
30 km/h	1,0840	0,6460	0,6760	0,8020
40 km/h	1,0590	1,3180	1,1090	1,1620
50 km/h	1,7580	1,6410	1,6030	1,6673
60 km/h	1,3650	1,4960	2,0200	1,6270

Tab. 4. Drgania miejscowe działające na pasażera w kierunku X

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s ²]			Wartość uśredniona [m/s ²]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,1334	0,1318	0,1365	0,1339
10 km/h	0,4120	0,4120	0,5010	0,4416
20 km/h	0,6760	0,6530	0,8320	0,7203
30 km/h	0,6760	0,7000	0,7160	0,6973
40 km/h	0,9330	1,0000	1,0350	0,9893
50 km/h	1,5670	1,5490	1,4790	1,5316
60 km/h	1,5670	1,6600	1,6600	1,6290



Rys. 2. Sposób i miejsce pomiaru drgań działających na kierowcę, (a) kierunek Z, (b) kierunek X

Wnioski:

- wartości skuteczne przyspieszeń drgań miejscowych działających na kierowcę są znacznie większe w kierunku Z, aniżeli w kierunku X;
- wartości skuteczne przyspieszeń drgań miejscowych działających na pasażera są porównywalne dla kierunków X i Z;

- z analizy widm chwilowych wynika, że wraz ze wzrostem prędkości samochodu piki przyspieszenia drgań zauważalne są w większym paśmie częstotliwości;
- w przypadku drgań miejscowych działających na pasażera w kierunku Z, jak i drgań miejscowych działających na kierowcę w kierunku X, występuje rezonans przy prędkości 50 [km/h].



Rys. 3. Sposób i miejsce pomiaru drgań działających na pasażera, (a) kierunek Z, (b) kierunek X

3. WYNIKI BADAŃ DLA SAMOCHODU DAEWOO TICO

Sposób i miejsce pomiaru drgań zostało przedstawione na rysunkach 4 i 5.

Wyniki pomiarów zestawiono w tabelach 5 – 8.

Tab. 5. Drgania miejscowe działające na kierowcę w kierunku Z

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s ²]			Wartość uśredniona [m/s ²]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,2895	0,3020	0,2951	0,2950
10 km/h	1,4450	1,1090	1,4130	1,3223
20 km/h	1,7180	1,8410	1,7990	1,7860
30 km/h	2,8500	2,6000	2,3200	2,5900
40 km/h	3,0500	3,7200	4,0700	3,6130
50 km/h	5,1900	5,2500	6,4600	5,6300
60 km/h	4,6800	3,9400	4,3200	4,3130

Tab. 6. Drgania miejscowe działające na kierowcę w kierunku X

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s ²]			Wartość uśredniona [m/s ²]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,5500	0,4027	0,4074	0,4530
10 km/h	0,4570	0,6760	0,7760	0,6360
20 km/h	0,9770	0,7940	0,9440	0,9050
30 km/h	1,5000	1,2740	1,2590	1,3440
40 km/h	1,8410	1,6200	2,2400	1,9000
50 km/h	2,2900	2,2100	2,0650	2,1880
60 km/h	2,2900	2,5400	2,9900	2,6060

Tab. 7. Drgania miejscowe działające na pasażera w kierunku Z

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s ²]			Wartość uśredniona [m/s ²]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,1778	0,1841	0,1841	0,1820
10 km/h	0,7590	0,7160	0,8810	0,7850
20 km/h	1,3560	0,9550	0,9660	1,0920
30 km/h	1,5670	1,4960	1,3650	1,4760
40 km/h	1,7380	1,8200	2,2390	1,9320
50 km/h	2,5700	2,8200	2,7500	2,7130
60 km/h	2,4300	2,5700	2,5400	2,5130

Tab. 8. Drgania miejscowe działające na pasażera w kierunku X

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s ²]			Wartość uśredniona [m/s ²]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,0955	0,0977	0,1047	0,0990
10 km/h	0,3510	0,3890	0,5010	0,4140
20 km/h	0,8220	1,0350	0,7330	0,8630
30 km/h	1,0840	1,1090	0,9890	1,0610
40 km/h	1,2880	1,2020	1,4290	1,3060
50 km/h	2,2130	2,5100	2,5700	2,4310
60 km/h	2,4550	2,8200	2,2650	2,5130



Rys. 4. Sposób i miejsce pomiaru drgań działających na kierowcę, (a) kierunek Z, (b) kierunek X

Rys. 5. Sposób i miejsce pomiaru drgań działających na pasażera, (a) kierunek Z, (b) kierunek X

Wnioski:

- z analizy widm chwilowych wynika, że przy prędkości 50 [km/h] i przy częstotliwości ok. 23,4 [Hz] dla drgań miejscowych działających na pasażera w kierunku X, wartości skuteczne przyspieszenia drgań są wystarczająco duże by spowodować rezonans np. gałki ocznej lub dłoni;
- analiza widm chwilowych dla szeregu prędkości dla pasma częstotliwości od 3 do 90 [Hz] dla drgań miejscowych działających na kierowcę w obu kierunkach nie wykazuje istnienia zagrożenia zdrowia kierowcy;
- zauważalny jest wzrost wartości przyspieszenia drgań miejscowych działających na kierowcę w kierunku Z dla prędkości pojazdu 50 [km/h]. Dla tej prędkości występuje rezonans układu jezdźnego, który jest odczuwalny na kierownicy w trakcie jazdy samochodu.

PODSUMOWANIE

Procesy drganiowe towarzyszące pracy różnego rodzaju maszyn mogą niekorzystnie wpływać na człowieka, wywołując różnego typu schorzenia, czy też zaburzając prawidłowe funkcjonowanie organizmu. Istnieją grupy zawodowe, które szczególnie narażone są na szkodliwe oddziaływanie drgań. Niniejszy artykuł, stanowiący pierwszą część, przedstawia wyniki badań związanych z oddziaływaniem drgań na kierowcę i pasażerów samochodów osobowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Arczyński S., *Mechanika ruchu samochodu*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1993.
2. Cempel C., *Wibroakustyka stosowana*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1989.
3. Chłopek Z., *Ochrona środowiska naturalnego*. Warszawa 2002.
4. Czajka J., *Pomiary drgań i hałasu na stanowiskach pracy w transporcie*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 2002.
5. Engel Z., *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*. Warszawa 2001.
6. Engel Z., Kowal J., *Sterowanie procesami wibroakustycznymi*. Wydawnictwo AGH. Kraków 1995.
7. Giergiel J., *Drgania układów mechanicznych*. Kraków 1980.
8. Giergiel J., *Tłumienie drgań mechanicznych*. Warszawa 1990.
9. Grajner J., *Izolacja drgań w maszynach i pojazdach*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1997.
10. Grega R., Homišin J., Kaššay P., Krajňák J., *The analyse of vibrations after changing shaft coupling in drive belt conveyer*. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2011. Vol. 72.
11. Grzegorzczak L., Walaszek M., *Drgania i ich oddziaływanie na organizm ludzki*. Warszawa 1996.
12. Gutowski R., Swietlicki W., *Dynamika i drgania układów mechanicznych*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1986.
13. Harachová D., Medvecká-Beňová S., *Applying the modularity principle in design of drive systems in mechanotherapeutic devices*. Grant Journal. 2013. Vol. 2, no. 2.
14. Harazin B., *Narażenia na wibracje i zasady postępowania profilaktycznego*. Instytut Medycyny i Zdrowia Środowiskowego Sosnowiec 1997.
15. Harazin B., *Hałas i wibracje występujące jednocześnie w środowisku pracy*. Instytut Medycyny i Zdrowia Środowiskowego. Sosnowiec 1997.
16. Homišin J., *Dostrajanie układów mechanicznych drgających skrętnie przy pomocy sprzęgieł pneumatycznych: kompendium wyników pracy naukowo-badawczych*. Wydawnictwo ATH. Bielsko-Biała 2008.
17. Jacenko M., *Drgania, wytrzymałość i przyspieszone badania samochodów ciężarowych*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 1975.
18. Kamiński E., *Dynamika zawiesznień i układów napędowych pojazdów samochodowych*. Wydawnictwo Komunikacji Łączności. Warszawa 1983.
19. Koton J., *Drgania mechaniczne*. Centralny Instytut Ochrony Pracy. Warszawa 1998.
20. Koton J., Harazin B., *Skutki zdrowotne zawodowego narażenia na drgania miejscowe*. Warszawa 2000.
21. Kucharski T., *System pomiaru drgań mechanicznych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 2002.
22. Lanzendoerfer J., *Teoria ruchu samochodu*. Wydawnictwo Komunikacji Łączności. Warszawa 1980.
23. Łączkowski R., *Wibroakustyka maszyn i urządzeń*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1983.
24. Medvecká-Beňová S., Vojtková J., *Analysis of asymmetric tooth stiffness in eccentric elliptical gearing*. Technológ. 2013. Roč. 5, č. 4.
25. Mitschke M., *Dynamika samochodu*. Wydawnictwo Komunikacji Łączności. Warszawa 1989.
26. Niziński S., *Diagnostyka samochodów osobowych i ciężarowych*. Wydawnictwo Bellona. Warszawa 1999.
27. Osiński Z., *Tłumienie drgań*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1997.
28. Puškár M., Bigoš P., Puškárová P., *Accurate measurements of output characteristics and detonations of motorbike high-speed racing engine and their optimization at actual atmospheric conditions and combusted mixture composition*. Measurement. 2012. Vol. 45.
29. Reimpell J., *Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji*. Wydawnictwo Komunikacji Łączności. Warszawa 1997.
30. Reński A., *Budowa samochodów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 1997.
31. Urbanský M., Homišin J., Krajňák J., *Analysis of the causes of gaseous medium pressure changes in compression space of pneumatic coupling*. Transactions of the Universities of Košice. 2011. Vol. 2.
32. Zuber N., Bajrić R., Šostakov R., *Gearbox faults identification using vibration signal analysis and artificial intelligence methods*. Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance And Reliability. 2014. No 16(1).
33. Żukowski P., *Hałas i wibracje w aspekcie zdrowia człowieka*. Wydawnictwo Oświatowe FOSZE. Rzeszów 1996.
34. www.ciop.pl
35. PN/N-01352. *Drgania. Zasady wykonywania pomiarów na stanowiskach pracy*.
36. PN/N-01354. *Dopuszczalne wartości przyspieszenia drgań o oddziaływaniu ogólnym i metody oceny narażenia*.

THE IMPACT OF THE LOCAL VIBRATIONS TO THE DRIVER AND PASSENGERS THROUGH STEERING WHEEL AND HANDLES FOR PASSENGER CARS – P. 1

Abstract

Working machines of any type causes vibration of the device itself as well as the impact on the environment. The vibrations are transferred to the person from their sources by various components. Depending on their type part of the vibration is dampened, but some of them may be increased as a result of resonance. Man constantly subjected to vibrations and their adverse effects. Long-term impact of vibration on the human body can cause diseases. Making certain professions by humans results in increased exposure to their occurrence. These occupations include, among others occupation driver. The article presents results of studies on the impact of local vibration on the driver and passenger cars.

Autorzy,
inż. **Marcin Schabek** – Politechnika Śląska
prof. dr hab. inż. **Bogusław Łazarz** – Politechnika Śląska
dr hab. inż. **Piotr Czech** prof. nadzw. PŚ – Politechnika Śląska
dr inż. **Tomasz Matyja** – Politechnika Śląska
dr inż. **Kazimierz Witaszek** – Politechnika Śląska