

## ODDZIAŁYWANIE DRGAŃ MIEJSCOWYCH NA KIEROWCĘ I PASAŻERÓW POPRAZ KIEROWNICĘ I UCHWYTY W SAMOCHODACH OSOBOWYCH – CZ. 2

### 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 drugą z dwóch części, przedstawiono wyniki badań dotyczących oddziaływania drgań miejscowych na kierowcę i pasażera samochodów osobowych.

### WSTĘP

Już od wielu lat przedmiotem systematycznych obserwacji i badań jest niekorzystny wpływ drgań mechanicznych na organizm człowieka [1-12, 14-23, 25-27, 29-30, 32-34]. W literaturze można również znaleźć szereg informacji związanych z metodami eliminacji lub redukcji drgań [2-16, 23-24, 27-28, 31-33].

W przypadku wszelkiego typu środków transportu, człowiek narażony jest na szkodliwy wpływ drgań poprzez wszelkiego rodzaju uchwyty, fotele i podłogę.

Drgania są niewątpliwie zagrożeniem dla zdrowia człowieka, powodują zmniejszenie komfortu podróżowania, a przy większej intensywności prowadzą do zmian w organizmie człowieka.

Dla oceny wpływu drgań mechanicznych na organizm człowieka wielkością mierzoną jest przyspieszenie drgań, które najlepiej charakteryzuje stronę energetyczną procesu drganiowego. Do tego parametru odnoszą się wartości dopuszczalne ustalone w większości obowiązujących obecnie norm krajowych i międzynarodowych.

Przy ocenie narażenia człowieka na drgania mechaniczne w zależności od potrzeb wykorzystywane są również inne miary, tj. dawka drgań, która charakteryzuje ilość energii drgań przekazywanej ze źródła do organizmu człowieka w określonym przedziale czasu, przy czym jest on rzeczywistym czasem oddziaływania drgań na organizm człowieka.

Niniejszy artykuł stanowi drugą (ostatnią) część, w której przedstawiono wyniki badań mających na celu identyfikację poziomu drgań miejscowych występujących w samochodach osobowych.

Badania zostały przeprowadzone dla następujących samochodów osobowych – Volkswagen Polo, Daewoo Tico, Fiat Punto, Daewoo Lanos. Polegały na pomiarze wartości skuteczne przyspieszeń drgań miejscowych działających na kierowcę (poprzez kierow-

nicę) i na pasażera (poprzez uchwyt umieszczony w drzwiach przednich).

Pomiary były wykonywane na postoju oraz w trakcie jazdy samochodem z różnymi prędkościami (10 [km/h], 20 [km/h], 30 [km/h], 40 [km/h], 50 [km/h], 60 [km/h]).

Rejestracji drgań dokonywano miernikiem drgań klasy 1 firmy Svantek.

### 1. WYNIKI BADAŃ DLA SAMOCHODU FIAT PUNTO

Sposób i miejsce pomiaru drgań zostało przedstawione na rysunkach 6 i 7.

Wyniki pomiarów zestawiono w tabelach 9 – 12.

Wnioski:

- porównując wartości przyspieszeń drgań miejscowych działających w obu kierunkach na kierowcę i pasażera z wynikami uzyskanymi podczas badania poprzednich samochodów wynika, że zaśnieżona nawierzchnia wpływa na wzrost wartości przyspieszenia;
- w przypadku drgań miejscowych działających na kierowcę w kierunku X wyraźnie widać rezonans dla prędkości 20 [km/h]. Rezonans występuje również dla drgań działających na pasażera w kierunku X dla prędkości 50 [km/h];
- analiza widm chwilowych w przedziale częstotliwości od 3 do 90 [Hz], który jest przedziałem częstotliwości drgań własnych narządów ludzkich, wykazuje wzrost przyspieszenia w miarę zbliżania się prędkości pojazdu do 30 [km/h], a następnie jego spadek.

Tab. 9. Drgania miejscowe działające na kierowcę w kierunku Z

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s <sup>2</sup> ]			Wartość uśredniona [m/s <sup>2</sup> ]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,1084	0,1059	0,1047	0,1060
10 km/h	0,9120	1,0470	1,0720	1,0100
20 km/h	1,9720	1,7780	1,5490	1,7660
30 km/h	1,9950	2,2100	2,0420	2,0820
40 km/h	3,3900	3,6300	4,1200	3,7130
50 km/h	4,9500	4,6200	4,1200	4,5630
60 km/h	4,3700	5,8200	5,7500	5,3130



**Rys. 6.** Sposób i miejsce pomiaru drgań działających na kierowcę, (a) kierunek Z, (b) kierunek X



**Rys. 7.** Sposób i miejsce pomiaru drgań działających na pasażera, (a) kierunek Z, (b) kierunek X

**Tab. 10.** Drgania miejscowe działające na kierowcę w kierunku X

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s <sup>2</sup> ]			Wartość uśredniona [m/s <sup>2</sup> ]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,0562	0,0562	0,0543	0,0560
10 km/h	0,4840	0,4680	0,4520	0,4680
20 km/h	0,7670	0,7330	0,7850	0,7620
30 km/h	0,7500	0,7240	0,7670	0,7470
40 km/h	1,2740	1,7990	1,7580	1,6100
50 km/h	2,4500	1,9050	2,0890	2,1480
60 km/h	3,0900	3,5500	2,6600	3,1000

**Tab. 11.** Drgania miejscowe działające na pasażera w kierunku Z

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s <sup>2</sup> ]			Wartość uśredniona [m/s <sup>2</sup> ]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,0437	0,0432	0,0437	0,0435
10 km/h	0,3800	0,4170	0,3630	0,3860
20 km/h	0,6680	0,6530	0,5820	0,6340
30 km/h	0,8810	0,9890	0,9440	0,9380
40 km/h	1,2590	1,5490	1,5490	1,4520
50 km/h	2,6600	2,8200	2,2650	2,5820
60 km/h	2,3440	3,0900	3,2000	2,8780



## 2. WYNIKI BADAŃ DLA SAMOCHODU DAEWOO LANOS

Sposób i miejsce pomiaru drgań zostało przedstawione na rysunkach 8 i 9.

Wyniki pomiarów zestawiono w tabelach 13 – 16.



**Rys. 8.** Sposób i miejsce pomiaru drgań działających na pasażera, (a) kierunek Z, (b) kierunek X

Wnioski:

- wartości przyspieszeń drgań miejscowych działających na kierowcę i pasażera w obu kierunkach przy prędkości 50 [km/h] są niemal równe, bądź wyższe, niż wartości przyspieszeń drgań miejscowych dla prędkości 60 [km/h]. Spowodowane być to może wystąpieniem rezonansu układu jezdnego;
- dla całego analizowanego zakresu częstotliwości, czyli od 3 [Hz] do 1,41 [kHz], zarówno dla drgań miejscowych działających na kierowcę, jak i na pasażera, w obu mierzonych kierunkach, wartości skuteczne przyspieszenia drgań nie przekraczają 1 [m/s<sup>2</sup>].



**Rys. 9.** Sposób i miejsce pomiaru drgań działających na kierowcę, (a) kierunek Z, (b) kierunek X

**Tab. 12.** Drgania miejscowe działające na pasażera w kierunku X

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s <sup>2</sup> ]			Wartość uśredniona [m/s <sup>2</sup> ]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,0794	0,0785	0,0794	0,0791
10 km/h	0,2951	0,2990	0,4520	0,3490
20 km/h	0,7240	0,6380	0,6760	0,6790
30 km/h	0,7240	0,6920	0,7240	0,7130
40 km/h	1,2300	1,3180	1,1350	1,2280
50 km/h	2,1600	1,9500	1,7380	1,9490
60 km/h	1,6980	2,0420	1,7580	1,8330

## WNIOSKI KOŃCOWE

Na podstawie przeprowadzonych badań można przedstawić następujące wnioski:

- wartości przyspieszeń drgań miejscowych działających na kierowcę są znacznie większe w kierunku Z niż w kierunku X;
- wartości skuteczne przyspieszeń drgań miejscowych działających na pasażera są porównywalne dla obu kierunków w przypadku samochodów Volkswagen Polo i Daewoo Tico. Dla samochodów Fiat Punto i Daewoo Lanos występują duże różnice pomiędzy wartościami w obu kierunkach. Spowodowane to może być powstałymi rezonansami na skutek jazdy po zaśmiezionej nawierzchni drogi;
- nawierzchnia zaśmieciona wyraźnie wpływa na wzrost wartości skutecznych przyspieszeń drgań miejscowych zarówno działających na kierowcę, jak i pasażera;
- analiza widm chwilowych drgań miejscowych działających na pasażera w kierunku X wykazała, że w trakcie jazdy samochodu Daewoo Tico z prędkością 50 [km/h] drgania są wystarczająco duże, by spowodować wpadnięcie w rezonans np. gałkiicznej

- lub dłoni. Dla pozostałych badanych samochodów, analiza widm chwilowych drgań miejscowych działających na kierowcę i pasażera w obu badanych kierunkach wykazuje, że wartości skuteczne przyspieszenia drgań nie przekraczają 1 [m/s<sup>2</sup>] dla zakresu częstotliwości od 3 do 90 [Hz];
- przy prędkości 50 [km/h] we wszystkich badanych pojazdach, zauważalne było wystąpienie rezonansu wartości przyspieszenia drgań miejscowych działających na kierowcę i pasażera;
- na wartości przyspieszenia drgań miejscowych wyraźnie wpływa sztywność zawieszenia. Najmniejsze wartości odnotowane zostały dla samochodu Daewoo Lanos, w którym zastosowane jest mniej sztywne zawieszenie. Pomimo zaśmiezionej nawierzchni zarejestrowane drgania są dla wszystkich badanych kierunków najmniejsze;
- największe wartości przyspieszeń drgań miejscowych odnotowano w przypadku Daewoo Tico, pomimo, iż był on badany podczas jazdy na suchej nawierzchni.

**Tab. 13. Drgania miejscowe działające na kierowcę w kierunku Z**

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s <sup>2</sup> ]			Wartość uśredniona [m/s <sup>2</sup> ]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,3350	0,3350	0,3199	0,3300
10 km/h	0,9660	0,8910	1,3650	1,0740
20 km/h	1,5670	1,2590	1,1750	1,3340
30 km/h	1,4960	1,8200	1,5490	1,6220
40 km/h	2,0420	1,9950	2,4300	2,1560
50 km/h	2,8500	2,6000	2,9500	2,8000
60 km/h	2,5700	2,9500	3,3900	2,9700

**Tab. 14. Drgania miejscowe działające na kierowcę w kierunku X**

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s <sup>2</sup> ]			Wartość uśredniona [m/s <sup>2</sup> ]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,3240	0,3631	0,3467	0,3450
10 km/h	0,4470	0,5190	0,4950	0,4870
20 km/h	0,5890	0,4950	0,4730	0,5190
30 km/h	0,6760	0,7160	0,9330	0,7750
40 km/h	0,8610	0,9890	0,9440	0,9310
50 km/h	1,4960	1,5310	1,4790	1,5020
60 km/h	1,6790	1,3490	1,5140	1,5140

**Tab. 15. Drgania miejscowe działające na pasażera w kierunku Z**

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s <sup>2</sup> ]			Wartość uśredniona [m/s <sup>2</sup> ]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,1109	0,1216	0,1259	0,1190
10 km/h	0,3630	0,4680	0,4900	0,4400
20 km/h	0,6380	0,5560	0,6240	0,6060
30 km/h	0,9330	0,8040	1,1090	0,9490
40 km/h	1,0960	1,1890	1,2160	1,1670
50 km/h	1,9720	2,1130	1,7780	1,9540
60 km/h	2,0180	1,7180	1,9500	1,8950

**Tab. 16. Drgania miejscowe działające na pasażera w kierunku X**

Prędkość pojazdu	Wartość skuteczna przyspieszenia drgań [m/s <sup>2</sup> ]			Wartość uśredniona [m/s <sup>2</sup> ]
	1	2	3	
Bieg jałowy	0,4842	0,5130	0,6030	0,5330
10 km/h	0,9660	1,0590	1,0350	1,0200
20 km/h	1,0350	1,1220	1,2020	1,1200
30 km/h	1,9720	2,2910	2,3170	2,2000
40 km/h	2,1130	1,8840	2,2910	2,1000
50 km/h	3,0200	2,2390	1,9720	2,4100
60 km/h	2,1880	2,3400	2,6600	2,4000

## 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. 2

### 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