

## WPŁYW WARUNKÓW DROGOWYCH NA DRGANIA OGÓLNE ODCZUWALNE W CZASIE JAZDY SAMOCHODEM OSOBOWYM – CZ. 1

### Streszczenie

Najczęstszą przyczyną niepożądanych drgań w pojazdach samochodowych, poza pracą samego silnika napędowego, są zakłócenia związane z ruchem wzdłuż nierównej drogi, drgania wywołane niewyważeniem kół, czy też oporem przepływu powietrza względem nadwozia. Powstawanie źródeł drgań może być spowodowane przyczynami konstrukcyjnymi, technologicznymi oraz eksploatacyjnymi. Zakresy częstotliwości w jakich występują zjawiska wywołane przez te źródła są różne, różne są też drogi propagacji drgań. Ze względu na bezpieczeństwo w ruchu drogowym, niezwykle istotne wydają się wszelkie inicjatywy zmierzające do redukcji drgań działających na kierowcę, a ze względów zdrowotnych – działających również na pasażerów pojazdów samochodowych. W artykule przedstawiono wyniki mające na celu zidentyfikowanie poziomu drgań ogólnych w samochodzie, działających na kierowcę i pasażerów przy różnych warunkach drogowych. Artykuł stanowi pierwszą z dwóch części.

### WSTĘP

Drgania określane są w fizyce jako zjawiska, w których wielkości fizyczne charakterystyczne dla tych zjawisk są zmienne w funkcji czasu.

W wyniku drgań elementów maszyn pojawiają się szkodliwe zjawiska, z których najważniejsze to:

- Zakłócenie prawidłowości działania maszyn. Nadmierne drgania mogą powodować wadliwą pracę urządzeń. Jako przykłady można wymienić drgania elementów mechanizmów mogących spowodować zakleszczenie się elementów lub niepoprawne ich działanie. Drgania zaworów mogą być przyczyną nieszczelności. Drgania są przyczyną rozłączania się połączeń, przykładowo gwintowych, zaciskowych itp.
- Zmniejszenie trwałości maszyn i urządzeń. Drgania są powodem powstawania zmiennych naprężeń w elementach maszyn. Doprowadzają one do zniszczeń o charakterze zmęczeniowym. Zniszczeniom takim ulegają przede wszystkim elementy mające kształt ułatwiający koncentrację naprężeń. Przykładowo notuje się zniszczenia zmęczeniowe będące skutkiem drgań wałów, łożysk, elementów konstrukcji metalowych, w szczególności spoin. Bardzo częste są uszkodzenia elementów konstrukcji cienkościennych, np. nadwozi samochodów. W szczególności obserwuje się niszczenie elementów, które ze względu na ich przeznaczenie poddane są drganiom – przykładowo resorów samochodowych. Drgania mogą wpływać pośrednio na szybsze zużycie elementów. Na przykład drgania wałów przekładni powodować mogą nierównomierny rozkład nacisków na zębach kół zębatych i szybsze ich zużycie. Podobnie może wystąpić zużycie powierzchni łożysk ślizgowych lub elementów łożysk tocznych. Drgania powodują szybkie zużywanie się elementów podatnych wykonanych z gumy i z tworzyw sztucznych.
- Szkodliwy wpływ drgań na człowieka. Drgania maszyn i pojazdów mają szkodliwy wpływ na organizm człowieka. Występują one w szczególności w pojazdach. Drgania pojazdów drogowych i szynowych stanowią bardzo poważny, dobrze znany problem. Są one wynikiem przede wszystkim występowania nierówności nawierzchni, po której poruszają się pojazdy. Występują też drgania wywołane pracą silników i ele-

mentów układów napędowych, które w konsekwencji przenoszone są na cały pojazd.

Zjawiska drganiowe od wielu lat są przedmiotem zainteresowania wielu ośrodków badawczych i naukowych w kraju i zagranicą, a w literaturze można znaleźć liczne opracowania z tej tematyki [1-11, 13-18, 21, 24-25]. Niezwykle ważne wydają się też opracowania dotyczące możliwości zmniejszenia poziomu drgań [1-15, 19-25]. Ponieważ jednak niewiele jest ogólnodostępnych krajowych opracowań pokazujących wyniki badań poświęconych wpływom warunków drogi na odczuwalne przez kierowcę i pasażerów drgania ogólne w pojeździe, dlatego tej tematyce został poświęcony niniejszy artykuł, który stanowi pierwszą z dwóch części.

### 1. OPIS BADAŃ

Objekt badań stanowiły dwa samochody osobowe zasilane różnymi paliwami:

- Citroen Berlingo,
- Renault Thalia.

Dane techniczne samochodów zestawiono w tabelach 1 i 2.

Tab. 1. Dane techniczne samochodu Citroen Berlingo

Silnik	
wersja silnikowa	Berlingo X Multispace 1,9 D
segment	kombi vany
typ nadwozia	osob. / dost.
rodzaj silnika	diesel
pojemność silnika [cm <sup>3</sup> ]	1868
układ / ilość cylindrów	R4
moc silnika [kW] / [KM]	51 / 71 przy 4600 [obr./min.]
max moment obrotowy [Nm]	125 przy 2500 [obr./min.]
wtrysk paliwa	pośredni
liczba zaworów na cylinder	2
Masa i wymiary	
wymiary (dł. / sz. / wys.)	4137 / 1724 / 1810
masa własna [kg]	1191
masa całkowita [kg]	1840
rozstaw osi [mm]	2690
rozstaw kół – przód [mm]	1422
rozstaw kół – tył [mm]	1440
ogumienie	175/65 R14
skrzynia biegów	manualna 5- biegowa

Tab. 2. Dane techniczne samochodu Renault Thalia

Silnik	
wersja silnikowa	Thalia 1,4 e
segment	B
typ nadwozia	sedan
rodzaj silnika	benzynowy
pojemność silnika [cm <sup>3</sup> ]	1390
układ / ilość cylindrów	R4
moc silnika [kW] / [KM]	55 / 75 przy 5500 (obr./min.)
max moment obrotowy [Nm]	114 przy 4250 (obr./min.)
wtrysk paliwa	wielopunktowy
liczba zaworów na cylinder	2
Masa i wymiary	
wymiary (dł. / sz. / wys.)	4171 / 1639 / 1437
masa własna [kg]	940
masa całkowita [kg]	1460
rozstaw osi [mm]	2472
rozstaw kół – przód [mm]	1406
rozstaw kół – tył [mm]	1385
ogumienie	175/65 R14
skrzynia biegów	manualna 5- biegowa

W trakcie badań rejestrowano przyspieszenia drgań ogólnych oddziaływujących na kierowcę samochodu. Rejestracji pomiarów dokonano przy użyciu miernika SVAN 912A (AE) klasy 1. Drgania były rejestrowane równocześnie dla trzech kierunków – wzdłużnego X, poprzecznego Y i pionowego Z.

Badania przeprowadzono dla następujących warunków:

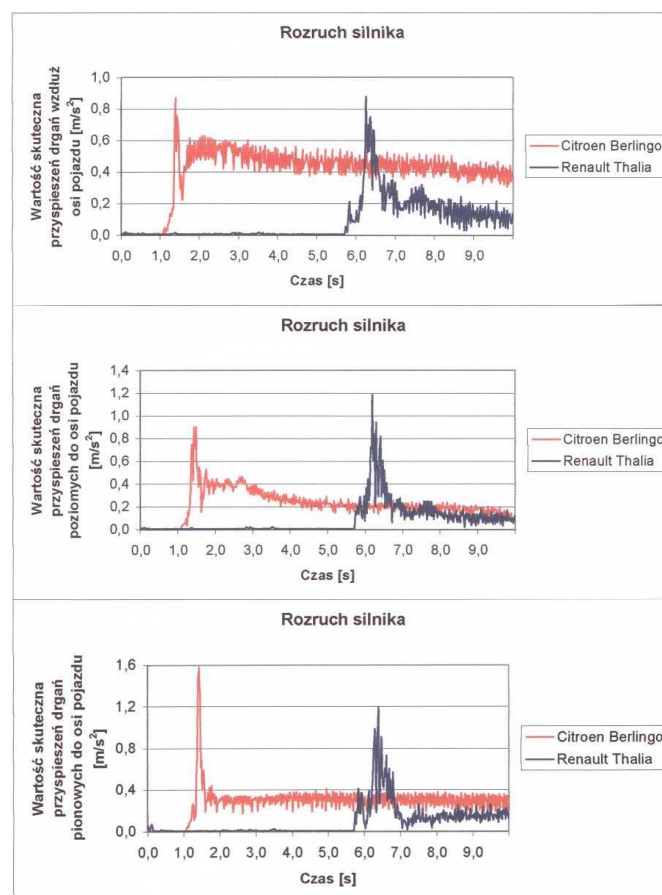
- rozruch silnika,
- jazda po drodze o niezbyt dobrej nawierzchni (droga osiedlowa) ze stałą prędkością:
  - 30 [km/h] – 2 bieg,
  - 40 [km/h] – 2 bieg,
  - 40 [km/h] – 3 bieg,
  - 60 [km/h] – 4 bieg,
  - 60 [km/h] – 5 bieg,
- przyspieszanie od 0 do 60 [km/h] po drodze o niezbyt dobrej nawierzchni (droga osiedlowa),
- jazda po drodze o dobrej nawierzchni asfaltowej ze stałą prędkością:
  - 40 [km/h] – 2 bieg,
  - 40 [km/h] – 3 bieg,
  - 60 [km/h] – 4 bieg,
  - 60 [km/h] – 5 bieg,
- jazda z prędkością 30 [km/h] po drodze o nawierzchni z kostki brukowej,
- przejazd przez szukanę z prędkością 30 [km/h],
- przejazd przez rondo,
- przejazd przez próg zwalniający z prędkością 20 [km/h],
- przejazd przez tory kolejowe,
- przejazd przez betonowe płyty,
- gwałtowne hamowanie,
- wyłączenie silnika.

## 2. ANALIZA WYNIKÓW

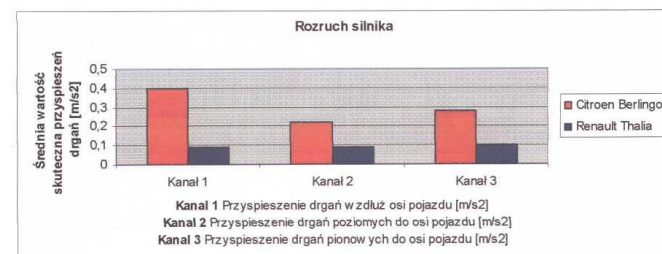
Reakcja samochodu na oddziaływanie nierównej drogi wyraża się w przemieszczaniu się jego poszczególnych zespołów, podzespołów i części. Przemieszczenia te charakteryzują się zmianą wzajemnego położenia elementów konstrukcji samochodu i zmianą ich położenia względem nieruchomych osi współrzędnych, które obiera się przy statycznej równowadze, i które przemieszczają się równolegle do wzdłużnej osi razem z samochodem w jego ruchu postępowym. Powstające pod działaniem drogi przemieszczenia związane są z odkształceniem prawie wszystkich części samochodu, jednakże sztywność różnych elementów konstrukcji jest istotnie różna. Poszczególne części i zespoły są specjalnie wprowadzone

do konstrukcji jako elementy sprężyste, łagodzące oddziaływanie drogi, zaś sprężystość niektórych nie zawsze uwzględnia się podczas projektowania i występuje nieoczekiwanie.

W pomiarze drgań wewnątrz pojazdów przy rozruchu silnika miernik został włączony przed uruchomieniem silnika. Został zarejestrowany sygnał drgań zarówno pracy rozrusznika, jak i pracy silnika na biegu jałowym (rysunek 1). Urządzenie pomiarowe za pomocą przystawki czterokanałowej SV 06A miało możliwość jednoczesnego pomiaru drgań w trzech osiach. Na rysunku 2 widać, że poziom drgań dla Citroena jest znacznie wyższy niż dla Renault. Jest to spowodowane tym, że Citroen zasilany jest silnikiem diesla, który cechuje mniej regularna praca w porównaniu z silnikiem benzynowym. Odczuwalne jest to zwłaszcza przy pracy silnika na wolnych obrotach – tzw. terkotanie. Najwyższe ze skutecznych przyspieszeń drgań okazały się drgania wzdłuż osi pojazdu.



Rys. 1. Wartości skuteczne przyspieszeń drgań podczas rozruchu silnika



Rys. 2. Średnia wartość przyspieszeń drgań podczas rozruchu silnika

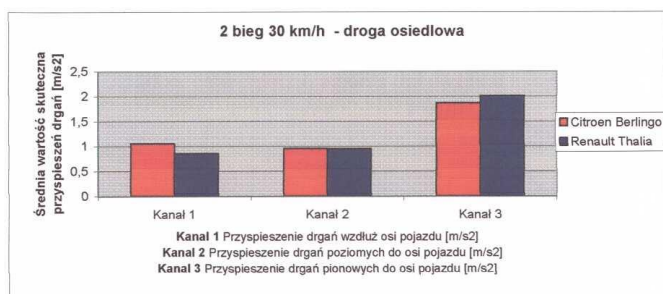
Pomiary dokonane na drodze osiedlowej, którą cechowała niezbyt dobra nawierzchnia (rysunek 3) miały na celu ukazanie różnic wartości skutecznej drgań pomiędzy badanymi pojazdami w zależ-

ności od prędkości jazdy oraz zastosowanego przełożenia w skrzyni biegów. Oba samochody pokonały ten sam odcinek drogi.

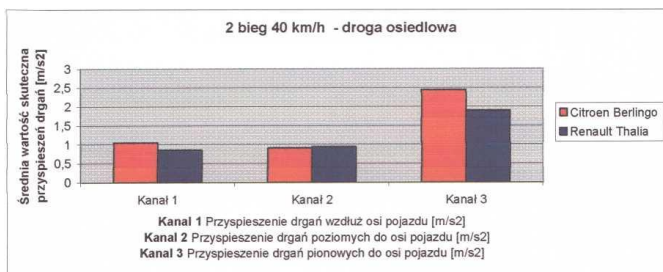


Rys. 3. Droga osiedlowa o niezbyt dobrej nawierzchni

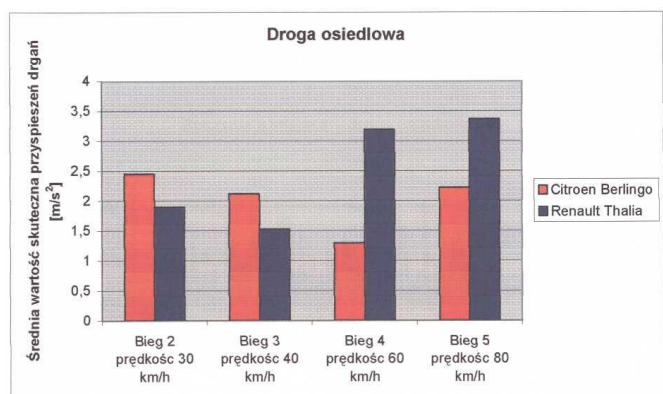
Przykładowe wyniki pokazano na rysunkach 4 – 6.



Rys. 4. Średnia wartość przyspieszeń drgań podczas jazdy ze stałą prędkością 30 [km/h] po drodze osiedlowej



Rys. 5. Średnia wartość przyspieszeń drgań podczas jazdy ze stałą prędkością 40 [km/h] po drodze osiedlowej

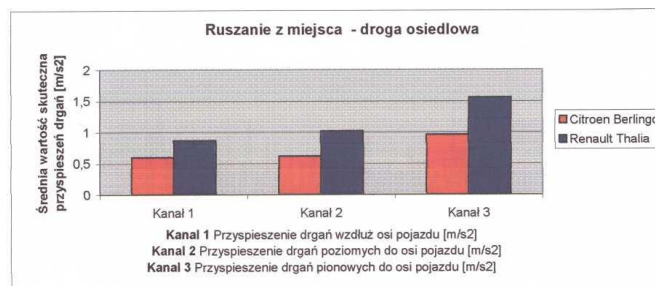


Rys. 6. Średnia wartość przyspieszeń drgań podczas jazdy ze stałą prędkością po drodze osiedlowej

Z badań przeprowadzonych na drodze osiedlowej możemy stwierdzić, że samochody cechuje różny poziom tłumienia w zależności od prędkości jazdy oraz przełożenia. Tak więc Citroen lepiej

spisuje się na niezbyt dobrej, wyboistej drodze osiedlowej, gdy prędkość jazdy przekracza 40 [km/h]. Renault przy niższym przełożeniu i prędkości jazdy nieprzekraczającej 40 [km/h] w takich samych warunkach drogowych wypadła lepiej. Najbardziej dla obu pojazdów odczuwalne są wartości skuteczne drgań pionowych.

Kolejne wyniki pokazują poziom wartości drgań w pojeździe rozpędzanym z postoju do prędkości 60 [km/h] z wykorzystaniem 4 kolejnych biegów. Odzwierciedla to użytkowanie samochodu w cyklu miejskim. Drgania pionowe w Citroenie wynoszą około 1 [m/s<sup>2</sup>], natomiast w Renault 1,5 [m/s<sup>2</sup>] (rysunek 7).

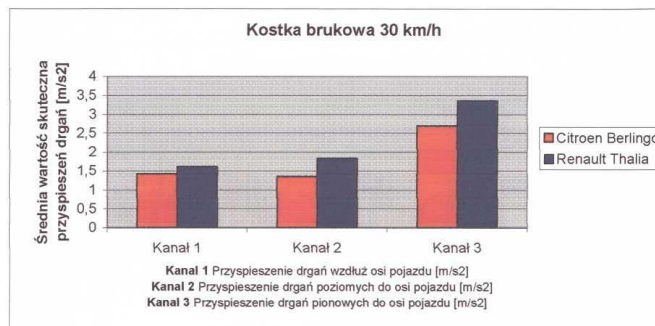


Rys. 7. Średnia wartość przyspieszeń drgań podczas przyspieszania do 60 [km/h] na drodze osiedlowej

Dla badań realizowanych na nawierzchni brukowanej (rysunek 8), poziom drgań jest znacznie większy w porównaniu do drogi osiedlowej przy zachowaniu tej samej prędkości jazdy. Dla tego rodzaju badań pojazdem, który lepiej tłumia drgania okazał się Citroen, dla którego wartość skuteczna przyspieszeń drgań pionowych wynosi 2,7 [m/s<sup>2</sup>], zaś dla Renault 3,4 [m/s<sup>2</sup>] (rysunek 9).



Rys. 8. Droga o nawierzchni brukowanej



Rys. 9. Średnia wartość przyspieszeń drgań podczas jazdy ze stałą prędkością 30 [km/h] po drodze o nawierzchni z kostki brukowej

## PODSUMOWANIE

Drgania mechaniczne towarzyszą pracy wszelkich typów maszyn, w tym pojazdów. Bywa, że są celowo wprowadzane przez konstruktorów, jak również mogą być źródłem informacji o stanie technicznym. Należy jednak mieć na uwadze, że są one często czynnikiem wywołującym negatywne skutki, przykładowo szkodliwie oddziałując na człowieka. W niniejszym artykule, stanowiącym pierwszą część, przedstawię wyniki badań związanych z analizą drgań występujących w pojazdach samochodowych w trakcie jazdy w różnych warunkach drogowych.

## BIBLIOGRAFIA

1. Cempel C., Wibroakustyka stosowana. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1989.
2. Chłopek Z., Ochrona środowiska naturalnego. Warszawa 2002.
3. Czajka J., Pomiar drgań i hałasu na stanowiskach pracy w transporcie. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa 2002.
4. Engel Z., Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem. Warszawa 2001.
5. Engel Z., Kowal J., Sterowanie procesami wibroakustycznymi. Wydawnictwo AGH. Kraków 1995.
6. Giergiel J., Drgania układów mechanicznych. Kraków 1980.
7. Giergiel J., Tłumienie drgań mechanicznych. Warszawa 1990.
8. Grajner J., Izolacja drgań w maszynach i pojazdach. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1997.
9. 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.
10. Grzegorzczak L., Walaszek M., Drgania i ich oddziaływanie na organizm ludzki. Warszawa 1996.
11. Gutowski R., Świetlicki W., Dynamika i drgania układów mechanicznych. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1986.
12. Harachová D., Medvecká-Beňová S., Applying the modularity principle in design of drive systems in mechanotherapeutic devices. Grant Journal. 2013. Vol. 2, no. 2.
13. Harazin B., Narażenia na wibracje i zasady postępowania profilaktycznego. Instytut Medycyny i Zdrowia Środowiskowego Sosnowiec 1997.
14. Harazin B., Hałas i wibracje występujące jednocześnie w środowisku pracy. Instytut Medycyny i Zdrowia Środowiskowego. Sosnowiec 1997.
15. Homišin J., Dostrajanie układów mechanicznych drgających skrętnie przy pomocy sprzęgieł pneumatycznych: kompendium wyników pracy naukowo-badawczych. Wydawnictwo ATH. Bielsko-Biała 2008.
16. Koton J., Drgania mechaniczne. Centralny Instytut Ochrony Pracy. Warszawa 1998.
17. Koton J., Harazin B., Skutki zdrowotne zawodowego narażenia na drgania miejscowe. Warszawa 2000.
18. Kucharski T., System pomiaru drgań mechanicznych. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 2002.
19. Łączkowski R., Wibroakustyka maszyn i urządzeń. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1983.
20. Medvecká-Beňová S., Vojtková J., Analysis of asymmetric tooth stiffness in eccentric elliptical gearing. Technol. 2013. Roč. 5, č. 4.
21. Osiński Z., Tłumienie drgań. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1997.
22. 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.
23. 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.
24. 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).
25. Żukowski P., Hałas i wibracje w aspekcie zdrowia człowieka. Wydawnictwo Oświatowe FOSZE. Rzeszów 1996.

## INFLUENCE OF ROAD CONDITIONS ON GENERAL VIBRATION FELT WHILE DRIVING THE PASSENGER CAR – P. 1

### Abstract

*The most common cause of undesirable vibrations in automotive vehicles, in addition to the operation of the drive motor are interference associated with the movement along a uneven road, vibration caused by unbalance of the wheels, or the air flow resistance relative to the body. The formation of vibration sources may be imposed by structural, technological and operational circumstances. The frequency ranges in which phenomena are caused by these sources are different, there are also different vibration propagation path. Because of the road safety, essential seem to be any initiatives to reduce the vibration on the driver, and for health reasons - also acting on the passengers of motor vehicles. The article presents the results intended to identify the level of overall vibration in the car, acting on the driver and passengers with different road conditions.*

Autorzy:

mgr inż. **Seweryn Krakowczyk** – Politechnika Śląska  
 prof. dr hab. inż. **Bogusław Łazarz** – Politechnika Śląska  
 dr hab. inż. **Piotr Czech** prof. nadzw. PŚ – Politechnika Śląska  
 dr inż. **Adam Mańka** – Politechnika Śląska  
 dr inż. **Tomasz Matyja** – Politechnika Śląska