

WIBROIZOLACYJNE DZIAŁANIE FOTELI W SAMOCHODZIE OSOBOWYM

Streszczenie

Postępy cywilizacji, mechanizacji i automatyzacji życia, które w ostatnich latach osiągnęły niebywale rozmiary, przynoszą także uboczne skutki natury biologicznej. Jednym ze szkodliwych czynników, które-go rozmiary i nasilenie nabrały szczególnego znaczenia w ostatnich latach, są drgania mechaniczne – zjawisko niezwykle rozpowszechnione w przemyśle, budownictwie, rolnictwie, a także w transporcie. Obok hałasu, drgania są dziś najbardziej rozpowszechnionym czynnikiem szkodliwym. Człowiek żyjący w uprzemysłowionych miastach narażony jest na działanie drgań nie tylko w miejscu pracy zawodowej. Ma z nią styczność przede wszystkim w środkach transportu, w których za sprawą nie zawsze najlepszej jakości dróg dochodzi często do znacznych wstrząsów. W artykule przedstawiono wyniki badań mających na celu odpowiedź na pytanie dotyczące własności wibroizolacyjnych jakimi charakteryzują się fotele w samochodach osobowych i ich wpływ na zwiększenie komfortu jazdy samochodem.

WSTĘP

Badając ruchy drgające występujące w samochodzie mierzy się cztery parametry z nimi związane, tj.: częstotliwość, amplitudę, przyspieszenia (występujące podczas ruchu drgającego), współczynniki określające tłumienie. W niektórych przypadkach mierzony jest tylko jeden z wymienionych parametrów, w innych – wszystkie, np. przez pełną rejestrację ruchu drgającego.

Do pomiarów stosowana jest różnorodna aparatura, od najprostszej do bardzo skomplikowanej. Ze-staw i układ aparatury dobiera się do konkretnych zadań i metod pomiarowych.

Zgodnie z normą PN - 91/N-01352 przy pomiarach drgań może być zastosowana jedna z trzech następujących metod:

- metoda bezpośrednia I, polegająca na wykonaniu na kontrolowanym stanowisku pracy pomiarów wartości skutecznego przyspieszenia drgań w tercjowych pasmach częstotliwości przy zastosowaniu analizatora,
- metoda bezpośrednia II, polegająca na wykonaniu na kontrolowanym stanowisku pracy pomiarów wartości ważonych przyspieszenia drgań przy zastosowaniu miernika drgań (wibrometru) lub dawki drgań przy zastosowaniu dozymetru drgań,
- metoda pośrednia polegająca na analogowym lub cyfrowym zarejestrowaniu na kontrolowanym stanowisku pracy sygnału przyspieszenia drgań i wykonaniu analizy widmowej zarejestrowanego sygnału w warunkach laboratoryjnych przy zastosowaniu analizatora.

Wybór metody pomiarowej zależy od parametru, który ma być mierzony i oceniany. Metodę bezpośrednią I lub pośrednią stosuje się zazwyczaj do oceny drgań ogólnych, gdyż tylko drgania ogólne są oceniane na podstawie widma drgań. Metoda bezpośrednia II może być stosowana zarówno w przypadku drgań ogólnych jak i miejscowych.

Przy pomiarach drgań mechanicznych na stanowiskach pracy najczęściej wykorzystywana jest metoda bezpośrednia II. Pomiaru wykonuje się wówczas przy zastosowaniu miernika drgań zwanego również wibrometrem, wyposażonego w przetwornik przyspieszeń drgań zwany też czujnikiem drgań lub akceleratorem. Zadaniem przetwornika jest zamiana mierzonego sygnału przyspieszenia drgań na proporcjonalny sygnał elektryczny. Najbardziej rozpowszechnione są obecnie przetworniki piezoelektryczne wykorzystujące w procesie przetwarzania zjawisko piezoelektryczne. Polega

ono na polaryzacji elektrycznej niektórych ciał krystalicznych pod wpływem działającej siły mechanicznej. Podczas działania siły mechanicznej na kryształ, która może być wywołana drganiami, następuje jego deformacja, której wynikiem jest przemieszczenie dodatnich i ujemnych jonów względem siebie. Przemieszczenie takie wywołuje polaryzację kryształu. Kierunek polaryzacji przy ściskaniu i rozciąganiu jest przeciwny. Ilość ładunku gromadzącego się podczas polaryzacji jest wprost proporcjonalna do działającej siły na kryształ.

Główne cechy charakteryzujące przetwornik to:

- masa,
- czułość (ładunkowa i napięciowa),
- charakterystyka częstotliwościowa z zaznaczeniem częstotliwości rezonansowej przetwornika.

Przy wyborze przetwornika należy zwrócić uwagę, aby jego masa była znacznie mniejsza od masy obiektu (źródła drgań), do którego przetwornik jest przymocowany. Przyjmuje się, że masa przetwornika nie powinna przekraczać 0,1 masy badanego obiektu. Należy tu zaznaczyć, że przetworniki o małej masie posiadają mniejszą czułość.

Drugim istotnym parametrem przy wyborze przetwornika jest jego charakterystyka częstotliwościowa. Górna częstotliwość graniczna mierzonego sygnału drganiowego nie powinna przekraczać 1/3 częstotliwości rezonansowej przetwornika. Należy pamiętać, że częstotliwość rezonansowa przetwornika jest tym większa im przetwornik ma mniejszą masę.

Zainteresowanie problemem oddziaływania drgań na organizm ludzki zrodziło się już dawno, między innym za sprawą intensywnego rozwoju środków transportu, w tym także pojazdów samochodowych [1-22]. Jest rzeczą niepodważalną, że drgania działające długotrwale na kierowcę lub pasażera wywołuje szereg zmian czynności organizmu, daleko odbiegających od stanu prawidłowego. Drgania jako nieodłączny element środowiska zawodowego kierowcy obniżają efektywność pracy i sprawność psychofizyczną, przyspieszają zmęczenie, a działające na organizm przez dłuższy czas mogą być przyczyną po-wstawania określonych schorzeń. Drgania są istotnym zagrożeniem zawodowym kierowców i wielu innych grup zawodowych. Temu właśnie czynnikowi – drganiom występującym podczas jazdy samochodem, poświęcony został niniejszy artykuł. W przeprowadzonych analizach zwrócono szczególną uwagę na działanie wibroizolacyjne foteli samochodowych jako

elementów tłumienia szkodliwego działania drgań ogólnych na kierowcę i pasażerów.

1. OPIS BADAŃ

Do pomiarów drgań mechanicznych w badanym pojeździe została wykorzystana metoda pośrednia polegająca na cyfrowym zarejestrowaniu sygnału przyspieszenia drgań i wykonaniu analizy widmowej zarejestrowanego sygnału za pomocą miernika SVAN 912 AE.

W pierwszej części badań przetwornik został umieszczony na płycie podłogowej nadwozia, w pobliżu miejsca gdzie spoczywają nogi jadącego pasażera. Celem takiego badania był pomiar drgań miejscowych działających na nogi pasażera, a także drgań nadwozia bez uwzględnienia miękkich siedzeń kierowcy i pasażerów, które w pewnym stopniu tłumią drgania. Następnie przetwornik piezoelektryczny został umieszczony pomiędzy fotelem pasażera, a samym pasażerem, dzięki czemu rejestrował przyspieszenia działające bezpośrednio na ciało jadącej osoby. Był to więc pomiar wibracji ogólnej, czyli takiej, która dotyczy całego organizmu.

W obu wymienionych przypadkach dokonana została zarówno analiza czasowa, jak i analiza częstotliwościowa zarejestrowanego sygnału. W przypadku analizy czasowej, badanie polegało na pomiarze wartości skutecznych przyspieszeń drgań w funkcji czasu. Analiza częstotliwościowa mierzonego sygnału, prowadzona za pomocą algorytmu szybkiego przekształcenia Fouriera (FFT), polegała natomiast na pomiarze wartości przyspieszeń drgań w funkcji częstotliwości tych drgań w zakresie 0 – 170 [Hz].

Zarówno pomiary drgań ogólnych, jak i miejscowych były przeprowadzane podczas jazdy samochodem, kiedy to głównym źródłem drgań jest nierówność nawierzchni oraz podczas postoju, gdzie na wielkość drgań nadwozia mają jedynie wpływ drgania pracującego silnika.

Badania były prowadzone dla dwóch typów nawierzchni – asfaltowej i brukowanej. Wszystkie przeprowadzone pomiary były wykonywane na tych samych odcinkach pomiarowych oraz w tych samych warunkach atmosferycznych.

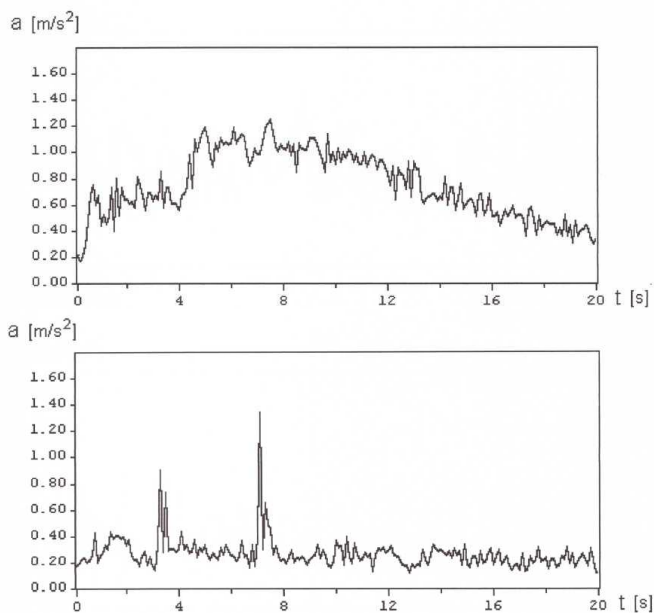
Ponieważ na wielkość drgań ma wpływ nie tylko rodzaj nawierzchni po której porusza się pojazd, ale również prędkość z jaką się po niej porusza, dlatego podczas pomiarów na drodze asfaltowej oraz brukowanej utrzymywana była stała prędkość jazdy wynosząca 40 [km/h]. Ponadto na drodze asfaltowej były również prowadzone pomiary podczas jazdy z prędkością 90 [km/h].

Wszystkie przeprowadzone pomiary wartości przyspieszeń drgań zostały wykonane dla wybranego samochodu osobowego w trzech osiach – osi poprzecznej Y, osi wzdłużnej X oraz osi pionowej Z.

2. ANALIZA WYNIKÓW

Z przeprowadzonych badań wynika, że warunki, w których były prowadzone pomiary miały decydujący wpływ na wielkość badanych parametrów drgań. Jak się okazało, miękki fotel kierowcy może nieraz zredukować nieprzyjemne wstrząsy dwu, a nawet trzykrotnie. Można się o tym przekonać analizując pomiary drgań na drodze asfaltowej podczas jazdy z prędkością 40 [km/h] z przetwornikiem umieszczonym bezpośrednio na siedzeniu i analogiczne pomiary z przetwornikiem umiejscowionym pod nogami kierowcy.

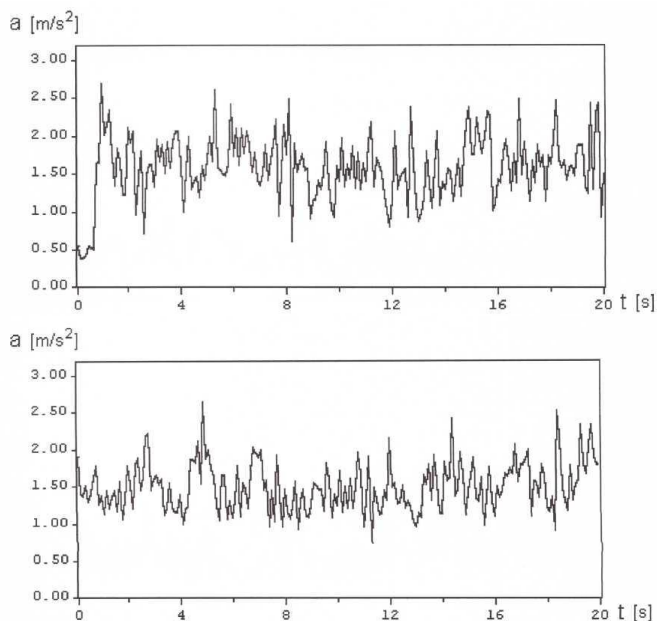
Na rysunku 1 pokazano przykładowe wykresy wartości przyspieszeń dla składowej wzdłuż osi pojazdu X.



Rys. 1. Wartości skuteczne przyspieszeń drgań płyty podłogowej (a) oraz fotela pasażera (b) podczas jazdy samochodu po drodze asfaltowej z prędkością 40 [km/h]

Tendencja ta jest nieco mniej widoczna podczas jazdy z prędkością 90 [km/h]. Co ciekawe wpływ miękkiego fotela nie był już tak znaczący podczas jazdy po drodze brukowanej z prędkością 40 [km/h]. Wyjątkiem jest składowa pionowa działających drgań, która dzięki wykorzystaniu właściwości fotela osiągała znacznie mniejsze wartości. W przypadku drgań pionowych wartości przyspieszeń drgań płyty podłogowej są blisko cztery razy większe niż drgania działające na pasażera siedzącego na miękkim fotelu.

Przykładowe charakterystyki przebiegu przyspieszeń drgań dla składowej wzdłuż osi pojazdu X w przypadku jazdy z prędkością 40 [km/h] po nawierzchni brukowanej pokazano na rysunku 2.

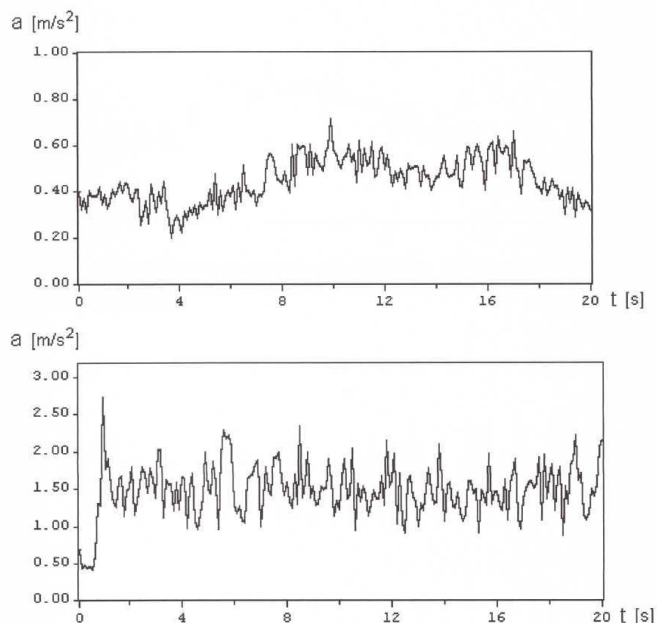


Rys. 2. Wartości skuteczne przyspieszeń drgań płyty podłogowej (a) oraz fotela pasażera (b) podczas jazdy samochodu po drodze brukowanej z prędkością 40 [km/h]

Największy jednak wpływ fotela na wielkość drgań można zaobserwować podczas pomiarów na postoju z włączonym silnikiem. Drgania płyty podłogowej wywołane pracą silnika były nawet do 10

razy większe (składowa pionowa Z), niż drgania fotela wraz z pasażerem. Wynika stąd wniosek, że siedzenie w samochodzie najefektywniej tłumi wibrację o wysokiej częstotliwości i małej amplitudzie, czyli taką, która towarzyszy pracy silnika.

Analizując otrzymane wyniki należy również wspomnieć o rodzaju nawierzchni, po której poruszał się badany pojazd. Jak się okazało z przeprowadzonych pomiarów, był to parametr mający decydujący wpływ na wielkość i charakter drgań. Można zauważyć, że podczas jazdy po drodze brukowanej wartości skuteczne przyspieszeń drgań są do czterech razy większe, a lokalnie nawet do dziesięciu razy większe – składowa pionowa Z, niż ma to miejsce podczas jazdy drogą asfaltową z tą samą prędkością (rysunek 3).

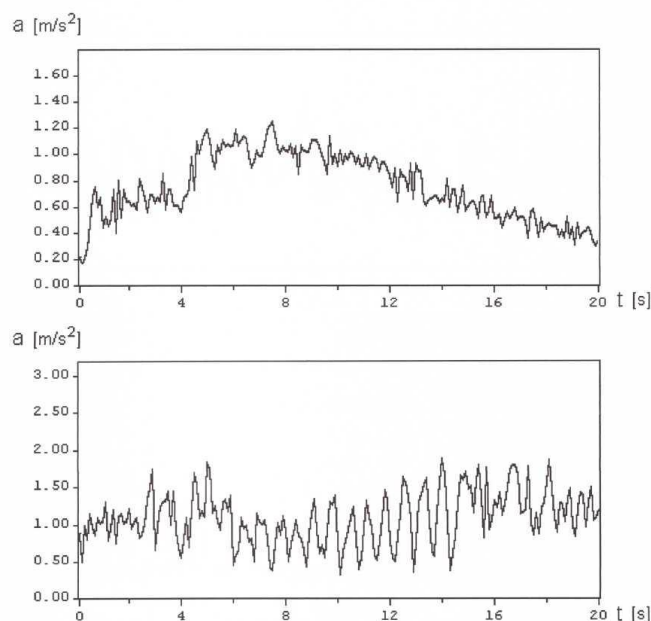


Rys. 3. Wartości skuteczne przyspieszeń drgań płyty podłogowej podczas jazdy samochodu z prędkością 40 [km/h] po drodze asfaltowej (a) oraz brukowanej (b)

Badając wpływ prędkości jazdy po tej samej nawierzchni drogi na wielkość drgań należy stwierdzić, że wraz ze wzrostem prędkości narastają drgania, chociaż przyrost ten nie jest duży. Zależność ta jest najlepiej widoczna dla składowej podłużnej i pionowej przyspieszeń drgań. Przykładowe charakterystyki zarejestrowanych przyspieszeń drgań dla dwóch różnych prędkości jazdy po drodze asfaltowej pokazano na rysunku 4.

Często na zarejestrowanych charakterystykach widoczne są dość duże piki. Powstają one na skutek najechania koła, bądź całej osi pojazdu na przeszkodę lub nierówność drogi w postaci kamieni, dziur, nadlewów asfaltu, kolein, progów, czy torów. Obecność pików może mieć również inne podłoże. Podczas pomiarów, w których czujnik umieszczony był pomiędzy fotelem a pasażerem, niewielka nawet zmiana pozycji lub gwałtowny ruch pasażera mógł wpłynąć na przebieg charakterystyki. Zważywszy na fakt, że zastosowany do pomiarów przetwornik miał bardzo dużą czułość, nietrudno było o błęd pomiarowy. Nie-które piki uwidocznione na wykresach mogą (choć nie muszą) być właśnie świadectwem tego typu błędów.

Jeśli pod uwagę weźmie się kierunek działania drgań, to w przypadku jazdy po drodze asfaltowej, największe wartości przyspieszeń drgań zanotowano dla składowej podłużnej X, bez względu na prędkość jazdy i umieszczenie czujnika.



Rys. 4. Wartości skuteczne przyspieszeń drgań płyty podłogowej podczas jazdy samochodu po drodze asfaltowej z prędkością 40 [km/h] (a) oraz 90 [km/h] (b)

Do ciekawych wniosków można dojść po przeanalizowaniu pomiarów drgań podczas jazdy po drodze brukowanej. Jak się okazało, największe wartości przyspieszeń płyty podłogowej występują dla składowej pionowej Z. Jednak kiedy te same pomiary przeprowadzono z przetwornikiem umiejscowionym pomiędzy fotelem a pasażerem, od razu widać, że drgania w kierunku pionowym są najmniejsze. Wynika stąd wniosek, że na drodze brukowanej miękki fotel kierowcy najlepiej tłumi składowe pionowe drgań, podczas gdy składowe wzdłużne X i składowe poprzeczne Y są zbliżone lub trochę tylko mniejsze od tych zmierzonych na płycie podłogowej. Na uwagę zasługuje również fakt, że składowe podłużne i poprzeczne zarejestrowanych drgań w przypadku jazdy po drodze brukowanej osiągają bardzo podobne wartości. W przypadku jazdy po asfalcie, jak już wcześniej wspomniano, widoczne są wyraźne różnice pomiędzy wartościami przyspieszeń dla składowej poprzecznej i podłużnej drgań.

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że drgania płyty podłogowej nadwozia podczas postoju samochodu z włączonym silnikiem nie są wcale takie małe, jak można by się tego spodziewać. W porównaniu do drgań płyty podłogowej podczas jazdy po asfalcie z prędkością 90 [km/h], są tylko dwa do trzech razy mniejsze, a w przypadku składowej poprzecznej Y są nawet porównywalne.

Zarejestrowane charakterystyki ujawniają jeszcze jeden fakt. O ile wykres przebiegu drgań dla samochodu będącego w ruchu jest bardziej poszarpany, z wyraźnie zaznaczonymi pikami, o tyle w przypadku samochodu na postoju ma bardziej regularny przebieg. Widoczne piki są świadectwem najeżdżania przez koło, bądź osi samochodu na wszelkiego rodzaju nierówności drogi.

Do ciekawych wniosków można dojść po przeanalizowaniu drgań układu fotel – pasażer. Okazało się, że na postoju miękki fotel niemal całkowicie redukuje drgania płyty podłogowej wywołane pracą silnika. Uzyskane wartości przyspieszeń drgań są kilkakrotnie mniejsze, a w przypadku składowej pionowej na-wet dziesięć razy mniejsze niż te zarejestrowane dla płyty podłogowej.

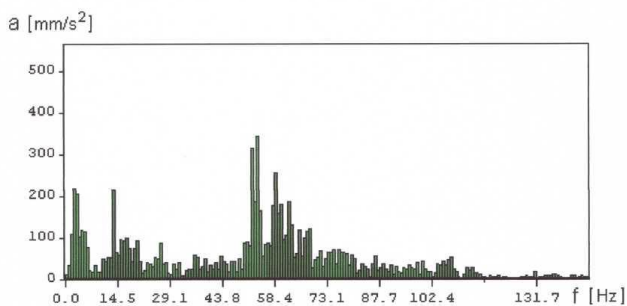
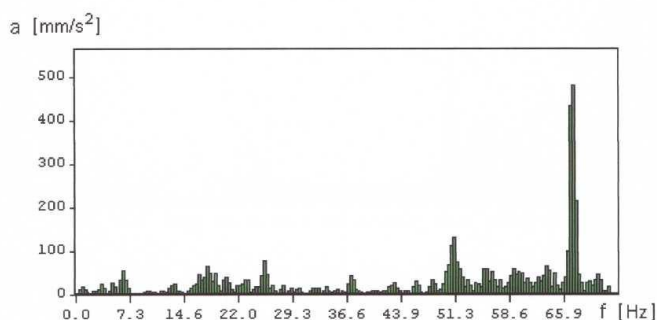
Wobec powyższego nasuwa się wniosek, że podczas jazdy samochodu udział drgań pochodzących od pracującego silnika jest znikomy, jeśli pod uwagę weźmie się drgania fotela wraz z pasażerem. Natomiast w przypadku badania drgań płyty podłogowej, udział

drgań pochodzących od pracującego silnika jest już widoczny podczas jazdy samochodem.

Omawiając otrzymane wyniki nie należy zapominać o przeprowadzonej analizie częstotliwościowej. Z uzyskanych pomiarów wynika, że dominującym zakresem częstotliwości drgań płyty podłogowej podczas jazdy po asfalcie był zakres około 50 – 70 [Hz] dla składowych podłużnej i poprzecznej oraz zakres 1 – 30 [Hz] dla składowej pionowej.

Wzrost prędkości jazdy w większości przypadków powodował przesunięcie się tych zakresów w obszar mniejszych częstotliwości. Dominującymi zakresami częstotliwości były odpowiednio 45 – 65 [Hz] oraz 1 – 20 [Hz].

Na rysunku 5 pokazano wpływ prędkości jazdy na rozkład częstotliwości drgań na przykładzie składowej poprzecznej drgań.

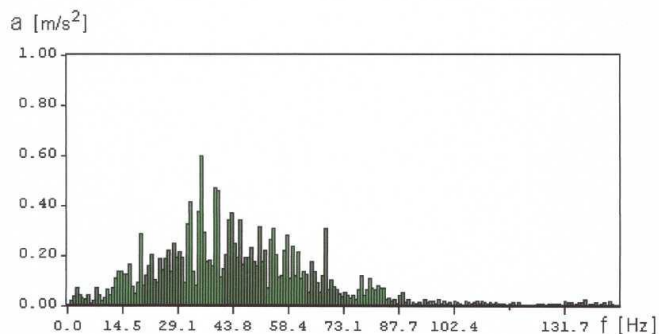
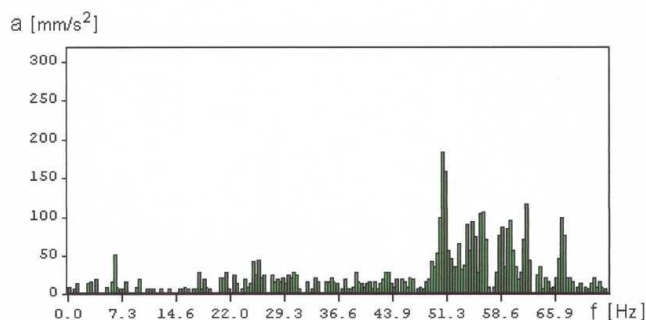


Rys. 5. Wartości skuteczne przyspieszeń drgań płyty podłogowej podczas jazdy samochodu po drodze asfaltowej, z prędkością 40 [km/h] (a) oraz 90 [km/h] (b)

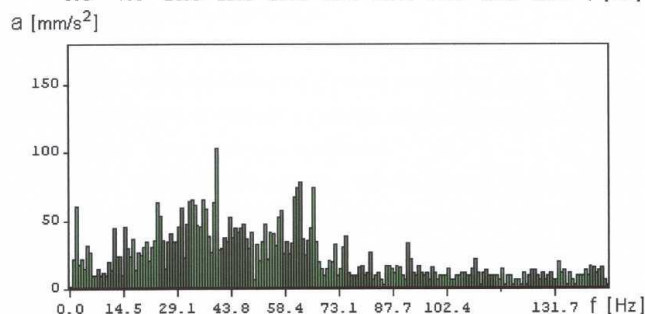
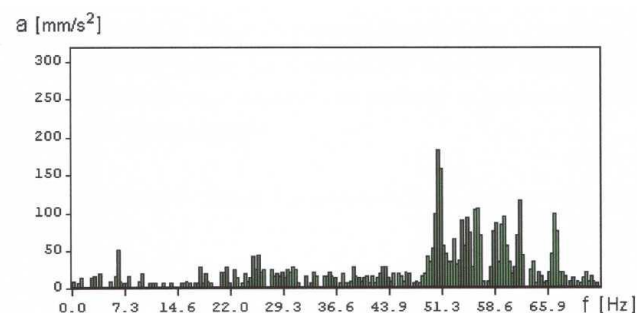
Analizując częstotliwości drgań podczas jazdy po różnych rodzajach nawierzchni należy zauważyć, że w przypadku nawierzchni brukowanej największe wartości przyspieszeń zarejestrowano dla mniejszych częstotliwości niż miało to miejsce podczas jazdy po drodze asfaltowej (rysunek 6). Dominującymi zakresami częstotliwości okazały się pasma 20 – 60 [Hz] dla składowej podłużnej, 10 – 20 [Hz] i 40 – 70 [Hz] dla składowej poprzecznej oraz 2 – 15 [Hz] w przypadku składowej pionowej.

Jeżeli chodzi o częstotliwości drgań układu fotel – pasażer okazało się, że zastosowanie miękkiego siedzenia w samochodzie przyczyniło się do zmniejszenia częstotliwości drgań o większej amplitudzie w stosunku do płyty podłogowej. Największe wartości przyspieszeń drgań odnotowano najczęściej dla następujących zakresów częstotliwości 35 – 65 [Hz] dla składowej podłużnej, 40 – 70 [Hz] dla składowej poprzecznej oraz 1 – 25 [Hz] dla składowej pionowej.

Na rysunku 7 porównano widmo drgań płyty podłogowej oraz fotela kierowcy podczas jazdy po nawierzchni asfaltowej z prędkością 40 [km/h]. Widać na nim, że siedzenie samochodu w znacznym stopniu zmniejsza częstotliwości istotnych drgań nadwozia. Największe wartości przyspieszeń zarejestrowano dla zakresu 15 – 65 [Hz]. Natomiast dla płyty podłogowej jest to zakres 48 – 70 [Hz].



Rys. 6. Wartości skuteczne przyspieszeń drgań płyty podłogowej podczas jazdy samochodu z prędkością 40 [km/h] po drodze asfaltowej (a) oraz brukowanej (b)



Rys. 7. Wartości skuteczne przyspieszeń drgań płyty podłogowej (a) oraz fotela pasażera (b) podczas jazdy samochodu po drodze asfaltowej z prędkością 40 [km/h]

WNIOSKI KOŃCOWE

Celem przeprowadzonych badań była analiza wartości skutecznych przyspieszeń drgań występujących podczas postoju oraz jazdy samochodem osobowym. Dokonane porównanie daje możliwość oceny otrzymanych wyników pod kątem ich odczuwalności przez człowieka oraz ich szkodliwego wpływu na organizm ludzki. Przeprowadzone badania pozwalają również stwierdzić, czy występujące w badanym pojeździe drgania mieszczą się w granicach zalecanych przez normy oraz określić charakter ruchu pojazdu (czy jest on płynny, czy też nie) i intensywność drgań. Dzięki przeprowadzonej analizie spektralnej istnieje możliwość poznać zakresy częstotliwości występujące podczas jazdy samochodem i na postoju

przy załączonym silniku. Dzięki otrzymanym wynikom można się dowiedzieć, jak różny jest wpływ odmiennych nawierzchni na wielkość drgań nadwozia oraz przekonać się o celowości stosowania miękkich foteli kierowcy i pasażerów.

Po przeprowadzeniu analizy uzyskanych pomiarów nasuwają się następujące wnioski:

- warunki, w których były prowadzone pomiary miały decydujący wpływ na wielkość badanych parametrów drgań;
- wraz ze wzrostem prędkości jazdy samochodu narastają drgania, przy czym zależność ta jest szczególnie widoczna dla składowej pionowej przyspieszeń drgań;
- decydujący wpływ na wielkość i charakter drgań nadwozia ma profil podłużny i poprzeczny jezdni oraz rodzaj nawierzchni;
- największe wartości przyspieszeń drgań odnotowano na drodze brukowanej. Były one większe cztero-krotnie od analogicznych wartości na drodze asfaltowej, a dla składowej pionowej drgań lokalnie na-wet dziesięciokrotnie większe;
- miękki fotel kierowcy ma duży wpływ na tłumienie drgań. Fakt ten jest szczególnie widoczny dla składowej pionowej drgań. W niektórych przypadkach może zredukować wstrząsy płyty podłogowej nawet trzykrotnie;
- drgania wywołane pracą silnika są niemal całkowicie tłumione przez fotel kierowcy. Drgania płyty pod-logowej na postoju były nawet do 10 razy większe (składowa pionowa Z), niż drgania fotela wraz z pasażerem;
- podczas pomiarów na drodze asfaltowej, największe wartości przyspieszeń drgań zanotowano dla składowej podłużnej X, bez względu na prędkość jazdy i umiejscowienie czujnika;
- podczas pomiarów drgań płyty podłogowej na drodze brukowanej, największe wartości przyspieszenia zanotowano dla składowej pionowej Z, podczas gdy drgania fotela wraz z pasażerem dla tej składowej były najmniejsze;
- człowiek najbardziej dotkliwie odczuwa drgania pionowe. Wartość skuteczna przyspieszeń drgań pod-czas jazdy po bruku wynosi przeciętnie 0,5 [m/s²], chociaż często przekracza 1,0 [m/s²], a zakres dominującej częstotliwości wynosi 0 – 12 [Hz] z ekstremum w okolicy 5 [Hz]. Odpowiada to 40, a nawet 50 palom na skali Zellera. Drgania o takiej intensywności są możliwe do zniesienia przez człowieka najwyżej przez godzinę;
- człowiek najdotkliwiej odczuwa drgania w zakresie częstotliwości 4 – 8 [Hz]. Zgodnie z normą ISO-2631 maksymalny czas ekspozycji dla wyżej wymienionych wartości skutecznych przyspieszeń wynosi 4 godziny, a dla $a_{sk} = 1,0$ [m/s²] niewiele ponad godzinę;
- podczas jazdy po drodze asfaltowej z prędkością 90 [km/h] wartość skuteczna przyspieszeń drgań wynosi 0,2 – 0,25 [m/s²], a ekstremum częstotliwości przypada w okolicach 3 [Hz]. Odpowiada to około 35 palom na skali Zellera. Są to więc drgania odczuwalne, lecz do wytrzymania. Nie mają one zatem zgubnego wpływu na organizm ludzki nawet podczas długiej jazdy, a więc nie stanowią zagrożenia dla zdrowia kierowcy i pasażerów. Mogą jednak przyczynić się do szybszego zmęczenia i znużenia jadących osób;
- drgania zmierzone podczas jazdy po bruku mogą mieć niekorzystny wpływ na zdrowie człowieka, o ile czas ekspozycji przekroczy 4 godziny. Znacznie jednak przekraczają granicę komfortu, przez co powodują znużenie i szybki spadek zdolności koncentracji.

BIBLIOGRAFIA

1. Cempel C., *Wibroakustyka stosowana*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1989.
2. Chłopek Z., *Ochrona środowiska naturalnego*. Warszawa 2002.
3. Czajka J., *Pomiary 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., *Tłumienie drgań mechanicznych*. Warszawa 1990.
7. Grajner J., *Isolacja drgań w maszynach i pojazdach*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1997.
8. 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.
9. Grzegorzczak L., Walaszek M., *Drgania i ich oddziaływanie na organizm ludzki*. Warszawa 1996.
10. Gutowski R., Swietlicki W., *Dynamika i drgania układów mechanicznych*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1986.
11. Harachová D., Medvecká-Beňová S., *Applying the modularity principle in design of drive systems in mechanotherapeutic devices*. Grant Journal. 2013. Vol. 2, no. 2.
12. Harazin B., *Narażenia na wibracje i zasady postępowania profilaktycznego*. Instytut Medycyny i Zdrowia Środowiskowego Sosnowiec 1997.
13. Harazin B., *Hałas i wibracje występujące jednocześnie w środowisku pracy*. Instytut Medycyny i Zdrowia Środowiskowego. Sosnowiec 1997.
14. Homišin J., *Dostrajanie układów mechanicznych drgających skrętnie przy pomocy sprzęgieł pneumatycznych: kompendium wyników pracy naukowo-badawczych*. Wydawnictwo ATH. Bielsko-Biała 2008.
15. Koton J., Harazin B., *Skutki zdrowotne zawodowego narażenia na drgania miejscowe*. Warszawa 2000.
16. Kucharski T., *System pomiaru drgań mechanicznych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 2002.
17. Łączkowski R., *Wibroakustyka maszyn i urządzeń*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1983.
18. Medvecká-Beňová S., Vojtková J., *Analysis of asymmetric tooth stiffness in eccentric elliptical gearing*. Technológ. 2013. Roč. 5, č. 4.
19. Osiński Z., *Tłumienie drgań*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1997.
20. 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.
21. 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.
22. 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).

VIBRATION-ISOLATING ACTION OF SEATS IN A PASSENGER CAR

Abstract

The progress of civilization, mechanization and automation of life, which in recent years has reached incredible dimensions, also bring damaging impact of biological nature. One of the damage factors which size and severity have gained special importance in recent years, are vibration - a phenomenon extremely common in industry, construction, agriculture as well as in transport. Alongside the noise, vibrations are today the most widespread harmful agent. A man living in industrialized cities is exposed to vibrations not only in the work. People have contact with it first of all in means of transport, where due to not always the best quality of roads there is often a considerable shocks. The article presents the results of studies designed to answer the question about vibration isolating properties which are characterized by seats in cars and their effect on increasing driving comfort.

Autorzy:

mgr inż. **Mirosław Duda** – 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