ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2001
Seria: TRANSPORT z. 42 Nr kol.1524

Janusz GARDULSKI, Henryk MADEJ

WPŁYW ROZMIESZCZENIA PASAŻERÓW NA DRGANIA NADWOZIA SAMOCHODÓW OSOBOWYCH

Streszczenie. W artykule omówiono wyniki badań symulacyjnych wpływu zmian rozkładu mas wewnątrz nadwozia na efekty dynamiczne. W badaniach wykorzystano dyskretny model dynamiczny samochodu osobowego o zawieszeniu niezależnym, uwzględniający geometrię zawieszenia. Wyniki symulacji przedstawiono w postaci graficznej.

INFLUENCE OF PASSENGER DISTRIBUTION FOR CAR BODY VIBRATION

Summary. The paper presents results of simulation investigation influence of interior mass distribution on car body dynamics. The discrete model of the car with independent suspension was taken in researches. The results of simulation researches were shown on figures.

1. WPROWADZENIE

Konstruktorzy samochodów osobowych ze względów bezpieczeństwa, starają się projektować zawieszenia o charakterystykach neutralnych. Umożliwia to większe „tolerowanie przez samochód" błędów popełnianych przez kierowców w warunkach ekstremalnych. We wnętrzu nadwozia w czasie jazdy może się znajdować jedna osoba - kierowca, lub więcej. Pasażerowie podczas jazdy mogą zajmować dowolne, przeznaczone dla nich miejsce. Powoduje to zmianę rozkładu masy wewnątrz pojazdu, czyli również zmianę charakterystyki dynamicznej zawieszeń.

2. METODA BADAŃ

Badania symulacyjne przeprowadzono przy wykorzystaniu dyskretnego modelu matematycznego samochodu osobowego [1] o 23 stopniach swobody. Zamodelowano samochód o zawieszeniu niezależnym - z przodu wahacze poprzeczne i kolumny Mc Phersona, z tyłu wahacze skośne. Całkowitą masę pojazdu z kierowcą m zastąpiono masami przypadającymi na oś przednią m_p, oś tylną m_t i masę m_{sp} przyłożoną w środku masy kadłuba (rys.1), które są połączone belką bezmasową. Całkowita masa m pojazdu jest sumą tych trzech mas. Masy te połączone są z masami nieresorowanymi za pomocą elementów sprężystych i tłumiących o nieliniowych charakterystykach. Zamodelowane opony posiadają również nieliniowe charakterystyki.

Założono, że pojazd jest symetryczny względem osi podłużnej.

Z warunków równoważności obiektu i modelu dyskretnego wynikają:

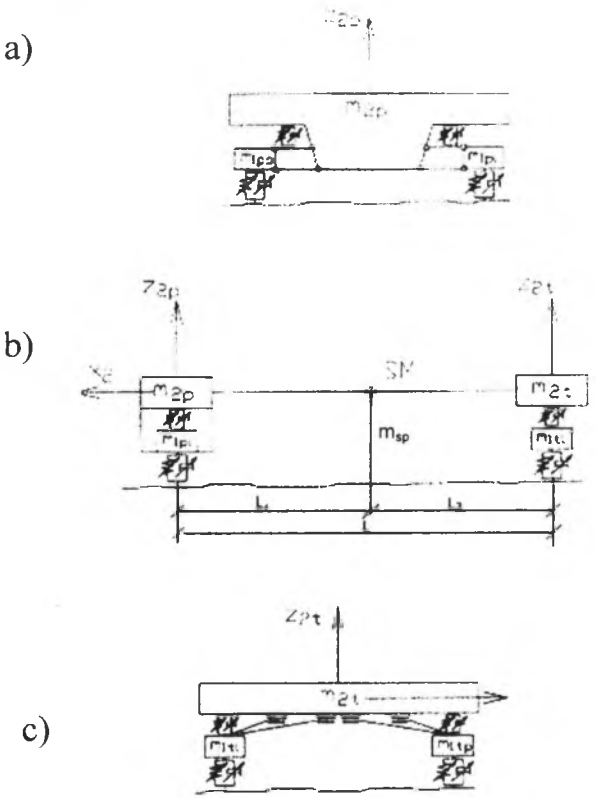
1) masa pojazdu

$$m = m_p + m_t + m_{sp} \quad [kg] \tag{1}$$

2) masowy moment bezwładności względem osi poprzecznej, przechodzącej przez środek masy

$$J = m\rho^2 \quad [kgm^2] \tag{2}$$

gdzie ρ – promień bezwładności [m]



Rys. 1. Model obliczeniowy samochodu: a - widok z przodu, b - widok z boku, c - widok z tyłu
Fig. 1. Dynamic model of suspension: a - front view, b - side view, c - rear view

3) masy przedniej i tylnej części nadwozia

$$m_{2p} = m\rho^2 / L_1 L \quad [kg] \tag{3}$$

$$m_{2t} = m\rho^2 / L_2 L \quad [kg] \tag{4}$$

$$m_{sp} = m\,(1 - \rho^2 / L_1 L_2) \qquad [kg] \tag{5}$$

4) odległość między osiami:

$$L = L_1 + L_2 \qquad [m] \tag{6}$$

gdzie : L_1 - odległość osi przedniej od środka masy,
L_2 - odległość osi tylnej od środka masy,

5) wskaźnik rozkładu mas

$$\varepsilon = \rho^2 / L_1 L_2 \tag{7}$$

W badaniach symulacyjnych przyjęto, że pojazd porusza się liniowo ruchem jednostajnym. Poddawany jest harmonicznemu wymuszeniu kinematycznemu od drogi.

Równania ruchu przyjętego modelu opisują macierzowe układy równań:
1) dla drgań pionowych i przechyłów wzdłużnych

$$M_Z \ddot{z} + K_Z \dot{z} + C_Z z = R_z h_{\Sigma} \tag{8}$$

z wektorem niewiadomych

$$z^T = \left(z_{2p}, z_{2l}, z_{1p}, z_{1l}\right) \tag{9}$$

oraz
2) dla przemieszczeń i przechyłów poprzecznych

$$M_\chi \ddot{\chi} + K_\chi \dot{\chi} + C_\chi \chi = R_\chi h_{\Delta} \tag{10}$$

z wektorem niewiadomych

$$\chi^T = \left(\chi_2, \chi_{1p}, \chi_{1l}, \chi_{2p}, \chi_{2l}\right) \tag{11}$$

gdzie: M – macierz bezwładności,
K – macierz tłumienia,
C – macierz sztywności,
R – macierz oddziaływania wymuszenia,
h – wektor wymuszenia.

Nieliniowe charakterystyki elementów sprężystych i tłumiących otrzymano z badań rzeczywistych [1]. Badania prowadzono przy wykorzystaniu pakietów Matlab i Simulink.

Analizy dynamiczne przeprowadzono dla następujących obciążeń:
- kierowcą,
- kierowcą oraz pasażerem siedzącym z przodu,
- kierowcą, pasażerem siedzącym z przodu, jednym pasażerem siedzącym z tyłu,
- kierowcą, pasażerem siedzącym z przodu, dwoma pasażerami siedzącymi z tyłu.

Symulacje prowadzono dla:
- nieliniowej charakterystyki amortyzatora, przy liniowych charakterystykach pozostałych elementów,
- nieliniowej charakterystyce sprężyn, przy liniowości elementów pozostałych.

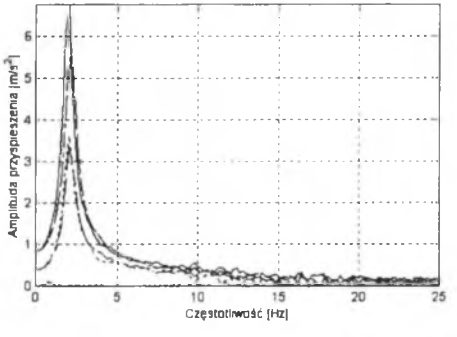
3. WYNIKI BADAŃ SYMULACYJNYCH

W ramach badań symulacyjnych obliczane i rejestrowane były następujące parametry drganiowe nadwozia:

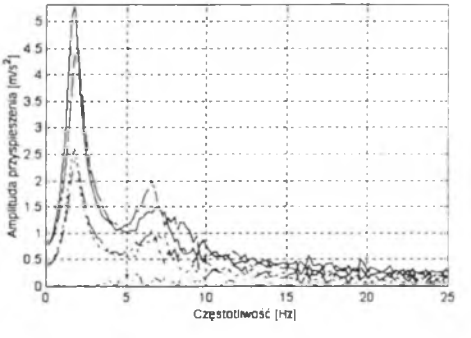
1. Przyspieszenie pionowe przodu nadwozia z''_{2p}.
2. Przyspieszenie pionowe tyłu nadwozia z''_{2t}.
3. Przyspieszenie poprzeczne przodu nadwozia y''_{2p}.
4. Przyspieszenie poprzeczne tyłu nadwozia y''_{2t}.
5. Przyspieszenie kątowe przechyłów wzdłużnych nadwozia φ''_2.
6. Przyspieszenie kątowe przechyłów poprzecznych nadwozia χ''_2.

Przykładowe wyniki badań przedstawiono na rysunkach 2 – 7. Na tych rysunkach rozkład obciążenia zaznaczono w sposób następujący:

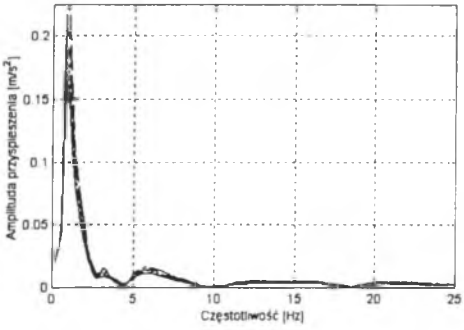
——— kierowca m= 75 kg
····· kierowca m= 75 kg + pasażer z przodu m_p = 75 kg
— · — $m_{sp} = 0\% m_s$
– – – – kierowca m= 75 kg + pasażer z przodu i z tyłu m_p=150 kg
— — · kierowca m= 75 kg + pasażerowie : 1 z przodu i 2 z tyłu m_p=225 kg



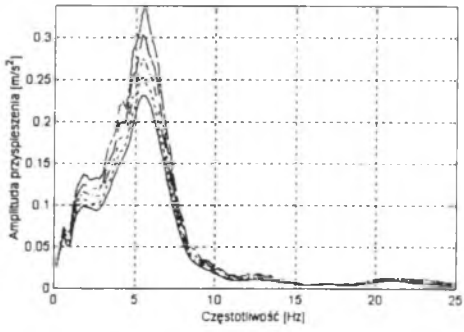
Rys. 2. Przyspieszenie pionowe przodu nadwozia z''_{2p}
Fig. 2. Vertical acceleration of car body front z''_{2p}



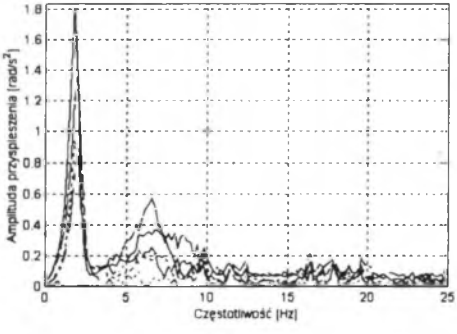
Rys. 3. Przyspieszenie pionowe tyłu nadwozia z''_{2t}
Fig. 3. Vertical acceleration of car body rear z''_{2t}



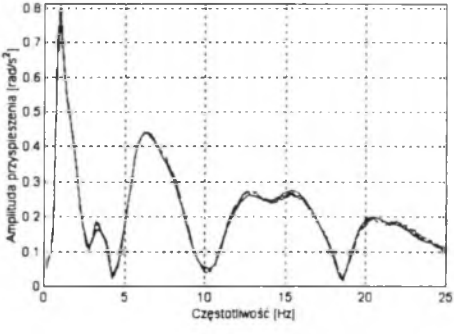
Rys. 4. Przyspieszenie poprzeczne przodu nadwozia y''_{2p}
Fig. 4. Transverse accelerations of car body front y''_{2p}



Rys. 5. Przyspieszenie poprzeczne tyłu nadwozia y''_{2t}
Fig. 5. Transverse accelerations of car body rear y''_{2t}



Rys. 6. Przyspieszenie kątowe przechyłów wzdłużnych nadwozia φ''_2
Fig. 6. Angular acceleration of car body in longitudinal plane φ''_2



Rys. 7. Przyspieszenie kątowe przechyłów poprzecznych nadwozia χ''_2
Fig. 7. Angular acceleration of car body in transverse plane χ''_2

4. WNIOSKI

W badaniach symulacyjnych z wyjątkiem masy m_2 pozostałe wielkości (masy nieresorowane, tłumienie, sprężystość, parametry elastosprężyste ogumienia) nie ulegały zmianie. W celu ułatwienia analizy wyników badań poza nieliniowym tłumieniem – pozostałe charakterystyki zlinearyzowano.

Z uzyskanych badań wynika, że wraz ze wzrostem obciążenia przyspieszenia drgań nadwozia maleją. Największe zmiany amplitud występują przy częstotliwościach drgań własnych nadwozia. Nieznacznie poprawia się komfort jazdy, natomiast wzrasta obciążenie dynamiczne kół, czyli pogarsza się bezpieczeństwo jazdy. Zmiana obciążenia powoduje zmiany częstotliwości drgań własnych nadwozia. Stałą wartość częstotliwości drgań własnych nadwozia uzyska się poprzez zwiększenie sztywności sprężyn i nadanie im nieliniowej progresywnej charakterystyki.

Literatura

1. Gardulski, J.: Simulation Studies of Mechanical Systems with Non-Linear Parameters of the Structure for Operating and Construction Needs - Machine Dynamics Problems, Warsaw 1999 Vol. 23, No 3.
2. Kamiński E., Pokorski J.: Dynamika zawieszeń i układów napędowych pojazdów samochodowych, WKŁ Warszawa 1983.
3. Mitschke M.: Dynamika samochodu. Tom 2 – Drgania, WKŁ, Warszawa 1989.
4. Zydroń J.: Symulacyjne badania zawieszeń samochodów - praca dyplomow (promotor J. Gardulski) Pol. Śląska, Instytut Transportu, Katowice 2000.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Dąbrowski

Abstract

The purpose of simulation investigation was to determine influence of car's passengers on suspension's dynamics. The discrete 23 degrees of freedom car model described on figure 1 was taken in the researches. Introducing dense passenger mass to the model provides inertial connections between front and rear axle. This is the reason of changing the mass m_{sp}. Simulations were taken on MATLAB environment with SIMULINK interactive package. The results of simulation researches were shown on figures.

Praca wykonana w ramach badań statutowych BK-225/RM10/2001