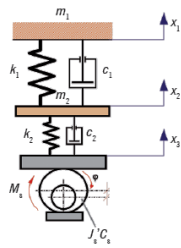


Nadal o amortyzatorach



Rys. Jacek Kubiś, Wimad

Uproszczony model fizyczny stanowiska badawczego

Reakcja ludzkiego organizmu na drgania o wyższych częstotliwościach może być tylko bierna, natomiast częstotliwości niższe, nazywane wstrząsami, są zwykle niwelowane pracą układu mięśniowo-szkieletowego.

Z fizycznego punktu widzenia przy częstotliwości mniejszej od 2 Hz ciało człowieka zachowuje się jak jednolita masa. Pierwsza częstość rezonansowa wynosi 4 Hz lub 6 Hz dla pozycji siedzącej oraz 5 lub 12 Hz dla pozycji stojącej – zależnie od indywidualnej budowy człowieka. Częstotliwości 3÷4 Hz pobudzają narządy jamy brzusznej do silnych drgań, których maksimum występuje przy 5÷8 Hz. W zakresie 7÷8 Hz pojawia się rezonans klatki piersiowej, a w okolicy 20÷30 Hz – rezonans narządów głowy.

Według normy ISO 2631, zakres drgań od 1÷20 Hz powoduje problemy z samopoczuciem, a przy dłuższym ich oddziaływaniu – nawet ze zdrowiem. Nadwozie samochodu wchodzące w skład tzw. masy resorowanej ma swą częstotliwość rezonansową rzędu 1-3 Hz. Dla masy nieresorowanej, czyli kół, zawieszonych oraz części układów: kierowniczego, napędowego i hamulcowego – częstotliwości rezonansowe pojawiają się przy 12÷20 Hz.

Postęp w konstrukcji zawieszonych powoduje ogólnie korzystną redukcję ich masy, ale ich mniejsza bezwładność oznacza równocześnie mniej skuteczne absorbowanie drgań. Dlatego rosną wymagania w stosunku do parametrów użytkowych i stanu technicznego elementów sprężysto-tłumiących. Badania stanu zawieszonych stanowią ze względu na bezpieczeństwo i komfort jazdy obowiązkową część badań warunkujących dopuszczenie pojazdu do ruchu drogowego. Powinny więc trwać krótko, ale bez szkody dla rzetelności testów.

Obecnie są znane co najmniej trzy podstawowe metody badania stanu zawieszzeń, z których najbardziej dziś rozpowszechnioną zaproponował Europejski Związek Producentów Amortyzatorów (EuSAMa).

Opiera się ona na wymuszaniu ze zmienną częstotliwością pionowych drgań kół przy stałej amplitudzie 6 mm. Po uzyskaniu drgań ustalonych o częstotliwości 25 Hz i utrzymaniu ich przez co najmniej 5 sekund układ wymuszający zostaje wyłączony. Następuje tzw. wybieg, czyli stopniowe zanikanie drgań i zmniejszanie ich częstotliwości, zależne w istotnej mierze od bezwładności układu wymuszającego. W czasie obniżania częstotliwości koło z zawieszeniem powinno przejść przez swą częstotliwość rezonansową (zazwyczaj ok. 10÷18 Hz).

Dla przedstawionego tu uproszczonego modelu fizycznego przyjęto jednolity (również w późniejszych rozważaniach) i podany na ilustracji sposób oznaczania wielkości. Został on wykorzystany także do wyprowadzenia układu równań różniczkowych równowagi układu kinematycznego:

$$[1] \quad m_2 \cdot \ddot{x}_2 + c_1 (\text{sgn } x_2) \cdot \dot{x}_2 + k_1 \cdot x_2 + c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_2(x_2 - x_3) = 0$$

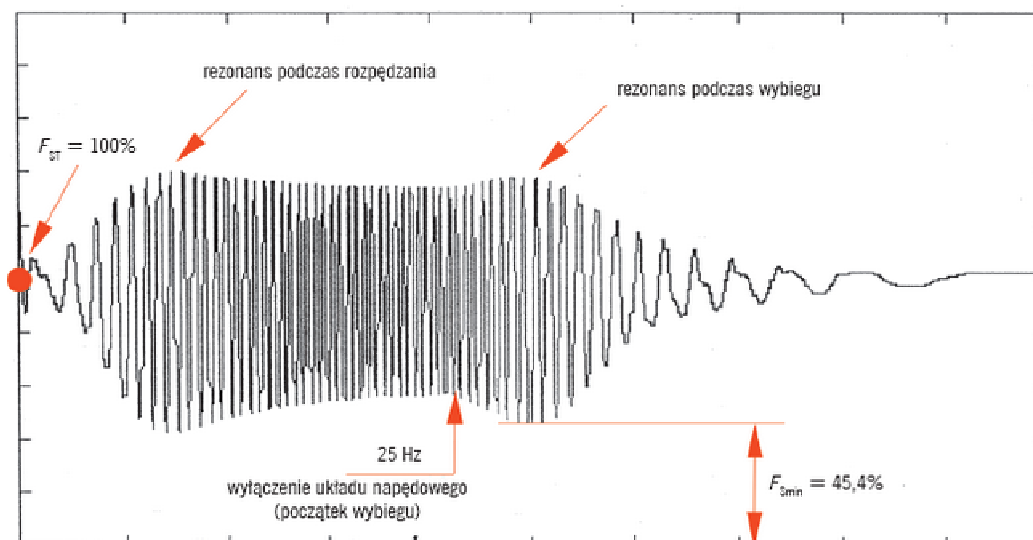
$$[2] \quad J_s \ddot{\phi} + c_s \dot{\phi} = M_s - F_s \cdot r \cdot \sin \phi$$

$$[3] \quad k_2 = r \cdot \phi \cdot \cos \phi$$

W metodzie EuSAMa podstawą oceny stanu zawieszenia jest stosunek minimalnej wartości siły wywieranej przez drgające koło na podstawę wymuszającą drgania do statycznego nacisku koła, wyrażony w procentach. Na podstawie równania [1] zależność ta określana jest następująco:

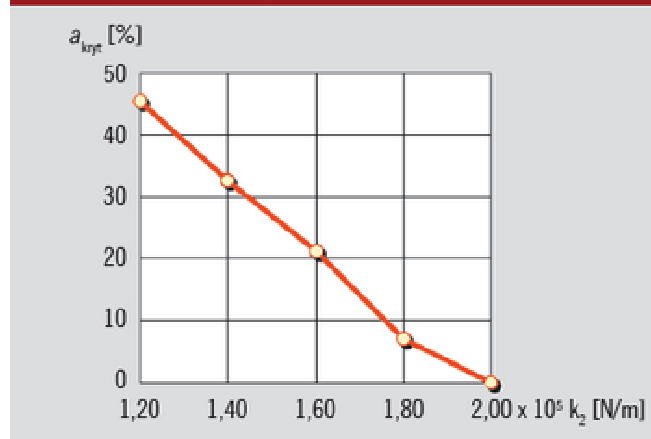
$$[4] \quad a_{\text{kryt}} = \frac{F_{\text{STAT}} + c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_2(x_2 - x_3)}{F_{\text{STAT}}} \cdot 100\%$$

gdzie: F_{STAT} – statyczny nacisk koła na podstawę.



Drgania i siły istotne dla metody EuSAMA

Zależność wartości wskaźnika EuSAMA od sztywności ogumienia (ciśnienia)

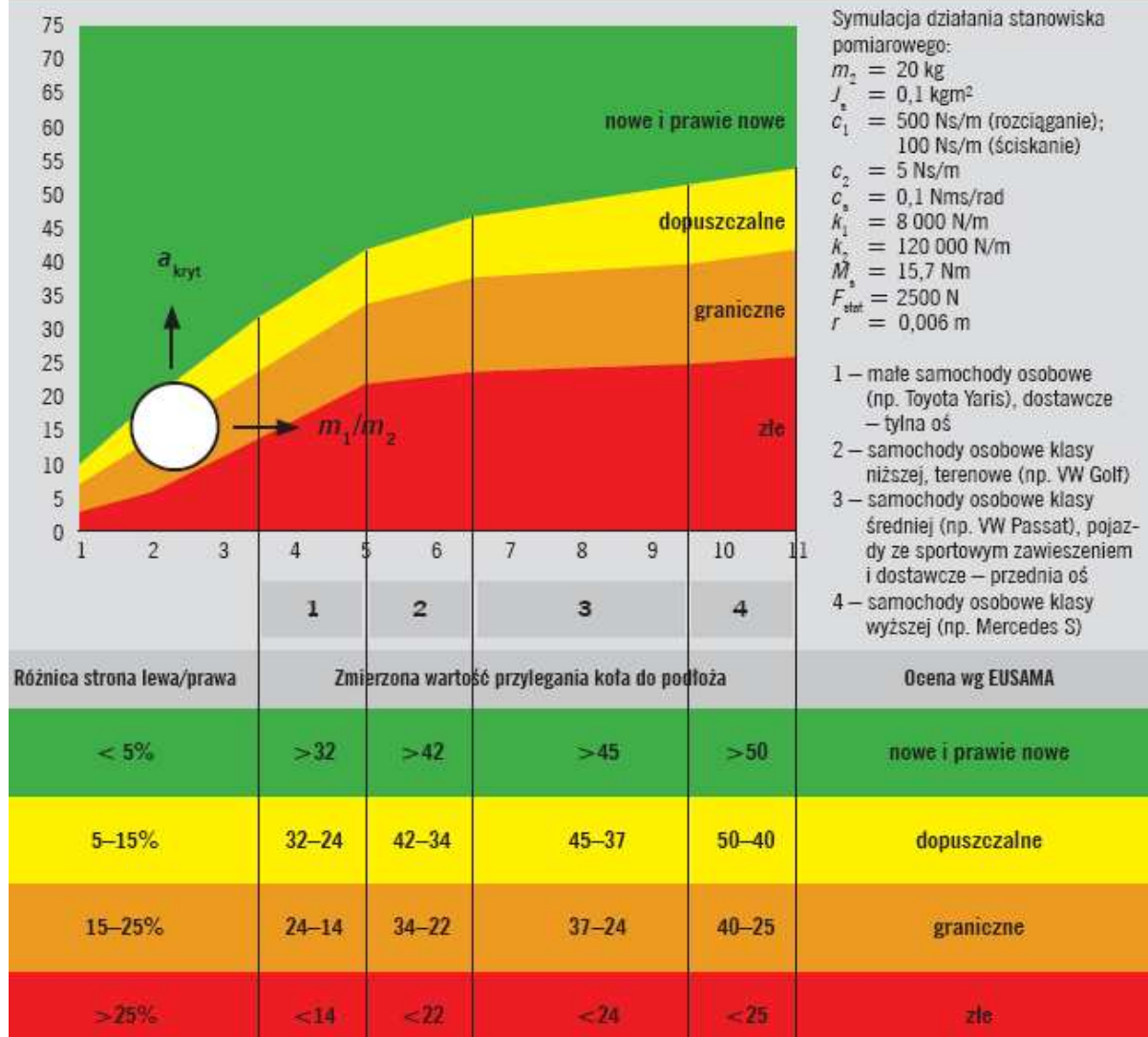


Uzyskany wynik to wskaźnik lub współczynnik EuSAMA (a_{kryt}). Oscylacje wielkości siły wokół wartości nacisku statycznego nie są symetryczne, przy czym odciążenie koła jest większe niż dociążenie. Jest to wynikiem niesymetrycznej charakterystyki amortyzatora.

Przy badaniach prowadzonych tą metodą ważne jest, by w zawieszeniu

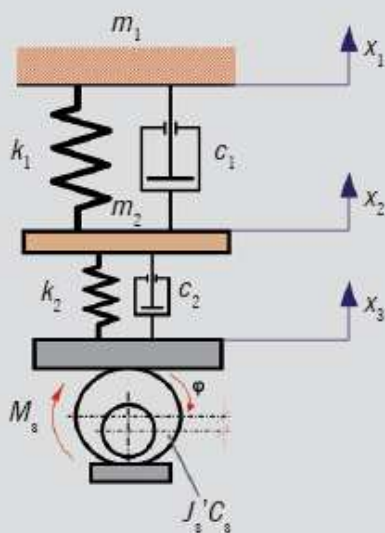
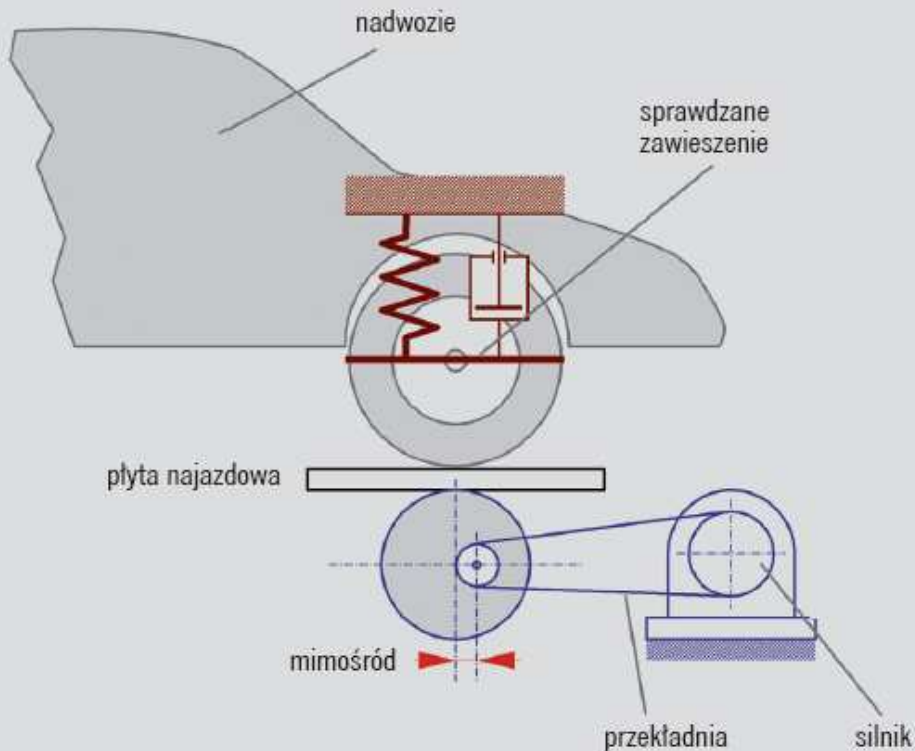
nie występowało zbyt duże tarcie, powodujące, iż minimalna wartość dynamicznej siły kontaktowej nie występuje podczas rezonansu. Należy też z dokładnością $\pm 5\%$ przestrzegać nominalnego ciśnienia powietrza w ogumieniu, ponieważ sztywność opony (zależna od ciśnienia) ma bardzo duży wpływ na uzyskany wynik testu. Temperatura amortyzatorów powinna wynosić $0 \pm 50^\circ\text{C}$. Podczas prób nie może być włączony hamulec zasadniczy ani pomocniczy, jak również żaden bieg. Koła powinny być ustawione do jazdy na wprost.

Ocena zużycia amortyzatora na podstawie pomiaru wartości przylegania opony do podłoża



Przedstawioną graficznie symulację działania stanowiska pomiarowego dokonano na podstawie modelu opisanego równaniami [1] i [2].

Schemat kinematyczny stanowiska badawczego i jego uproszczony model fizyczny



- x_1 – przemieszczenie pionowe nadwozia samochodu (masy resorowanej)
- x_2 – przemieszczenie pionowe koła (obręczy)
- x_3 – przemieszczenie pionowe podstawy koła: płyty testera (wymuszenie kinematyczne)
- φ – kąt obrotu korby mimośrodu wymuszającego drgania
- m_1 – masa zredukowana kompletnego nadwozia (masa resorowana)
- m_2 – masa zredukowana koła, zawieszenia, sprężyny i amortyzatora (masa nieresorowana)
- J_s – moment bezwładności stanowiska badawczego
- c_1 – współczynnik tłumienia badanego amortyzatora (zależny od kierunku działania: ściskanie lub rozciąganie)
- c_2 – współczynnik tłumienia opony
- C_s – współczynnik oporów ruchu stanowiska proporcjonalnych do prędkości obrotowej
- k_1 – sztywność sprężyny zawieszenia
- k_2 – sztywność ogumienia
- \dot{M}_s – moment napędowy silnika
- F_s – siła oddziaływania między kołem a podstawą realizującą wymuszenie kinematyczne
- r – ramię mimośrodu

Samo stanowisko testowe musi zapewniać powtarzalność wyniku uzyskanego w tych samych warunkach z odchyleniem $\pm 1\%$ oraz odchylenie wyniku nie większe niż $\pm 2\%$ w przypadku różnej pozycji koła na płycie testera.

Wyniki badań interpretujemy następująco:

- $a_{kryt} \geq 61\%$ – bardzo dobry kontakt dynamiczny koła z podłożem,
- $a_{kryt} 41 \div 60\%$ – dobry kontakt dynamiczny koła z podłożem,
- $a_{kryt} 21\% \div 40\%$ – kontakt dynamiczny równoważny (nieokreślony),
- $a_{kryt} 0\% \div 20\%$ – kontakt zły lub jego brak.

Ze względu na zróżnicowany dla różnych modeli stosunek masy resorowanej do nieresorowanej trzeba do powyższych kryteriów oceny wprowadzać pewne korekty zależne od rodzaju pojazdu (stosunku jego masy resorowanej m_1 do nieresorowanej m_2) i pokazane na umieszczonej wyżej ilustracji.

Cdn

Cały dotyczący tej problematyki cykl artykułów poświęcam pamięci wspaniałego naukowca i wykładowcy – prof. dra hab. inż. Jacka Grajnerta. Odszedł od nas na zawsze, ale to dzięki Niemu mogę tę wiedzę stosować i przekazywać dalej z pożytkiem dla innych.



Zenon Majkut
Wimad Spółka Jawna