

BŁĘDY W OCENIE ZDOLNOŚCI TŁUMIENIA AMORTYZATORÓW PRZY BADANIU Z WYKORZYSTANIEM WSKAŹNIKA EUSAMA

Jerzy KUPIEC, Grzegorz ŚLASKI

Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych
Politechnika Poznańska ul. Piotrowo 3
jerzy.kupiec@put.poznan.pl

Streszczenie

W artykule został poruszony problem wpływu niewłaściwego przygotowania wstępnego samochodu do stanowiskowego badania sprawności amortyzatorów na ocenę wyników, przy badaniu z wykorzystaniem wskaźnika EUSAMA. Celem jest zwrócenie uwagi na bardzo istotny i niedoceniany aspekt badania sprawności zawieszenia, które w bezpośredni sposób wpływa na bezpieczeństwo ruchu, jakim jest wstępne sprawdzenie ciśnienia w ogumieniu oraz właściwe obciążenie pojazdu. Na wstępie przedstawiono metody badania sprawności amortyzatorów z szerszym omówieniem metody EUSAMA. Jako obiekt badawczy zastosowano samochód osobowy marki Ford Escort. Do określenia wpływu obu parametrów na wynik badania stworzono model matematyczny, dla którego wykonano identyfikację parametrów równań oraz zweryfikowano poprawność jego działania na stanowisku badawczym. Przeprowadzono analizę otrzymanych wyników i określono charakterystyki zależności ciśnienia w ogumieniu i obciążenia w funkcji sprawności amortyzatorów oraz ich korelację z rzeczywistym ich stanem.

Słowa kluczowe: EUSAMA, amortyzator, ciśnienie, sprawność zawieszenia

MISTAKES IN EVALUATING DAMPING ABILITY OF SHOCK ABSORBERS IN TESTING WITH USE OF EUSAMA METHOD

Summary

This paper presents some experiments on testing the influence of tire pressures levels and body mass on evaluating shock absorbers damping performance with use of EUSAMA method. This method giving adhesion result is an indicator of overall suspension condition, not exactly shock absorber. Thus other parameters can influence damping evaluation result. This paper presents such influence of tire pressure and body mass. Article shows that EUSAM method has disadvantages and needs special attention with evaluating shock absorbers damping ability on EUSAMA adhesion result base.

Keywords: automotive, shock absorbers, damping evaluation, tire pressure.

1. WPROWADZENIE

Ocena stanu technicznego zawieszenia ma ogromne znaczenie dla właściwej eksploatacji samochodu ze względu na poważne zadania, jakie zawieszenie ma do spełnienia w zapewnieniu bezpieczeństwa i komfortu jazdy. Zatem błędy czy przeoczenia popełnione przez diagnostę podczas przeprowadzania okresowych badań technicznych, mogą prowadzić do otrzymania fałszywej informacji o stanie technicznym zawieszenia.

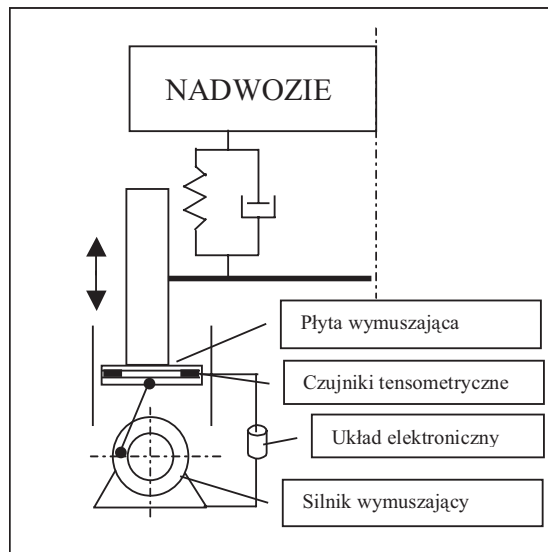
Obecnie powszechne zastosowanie w stacjach kontroli i obsługi pojazdów znalazły urządzenia do badania amortyzatorów metodą drgań wymuszonych, które działają na podstawie analizy amplitudy drgań w funkcji czasu (Boge) lub analizy siły nacisku koła na płytę stanowiska wg testu EUSAMA (standard określony 1971r. przez European Shock Absorber Manufacturers Association). W dalszej części artykułu skupiono się na metodzie drugiej, dla

której zwrócono uwagę na bardzo istotne i niedoceniane aspekty badania sprawności zawieszenia, jakimi są wstępne sprawdzenie ciśnienia w ogumieniu oraz właściwe obciążenie pojazdu.

2. PODSTAWY METODY BADANIA

Metoda EUSAMA to metoda polegająca na kinematycznym pobudzeniu koła jezdnego do drgań pionowych o stałej amplitudzie z przedziału 4 do 8 mm i częstotliwości zmieniającej się od wartości początkowej wynoszącej około 25 Hz, a więc leżącej powyżej częstotliwości rezonansowej badanego układu, do zera. Po rozpędzeniu układu wymuszającego do drgań o stałej częstotliwości początkowej, następuje wyłączenie silnika napędzającego. Płyta drga nadal z tą samą amplitudą, częstotliwość zaś maleje w tempie tym mniejszym im większy jest moment bezwładności mas wirujących i związanych z nim mas wykonujących ruch postępowy. Zamontowany w układzie czujnik i układ elektroniczny

służą do pomiaru siły nacisku koła jezdnego na płytę stanowiska. Schemat stanowiska przedstawiono na rysunku numer 1.



Rys. 1: Schemat stanowiska wykorzystującego metodę EUSAMA

Ocena stanu amortyzatorów obejmuje następujące etapy:

- pomiar statycznej siły nacisku koła na płytę najazdową N_{st} ,
- pobudzenie układu do drgań o częstotliwości powyżej najwyższej częstotliwości rezonansowej,
- wyłączenie napędu i pomiar minimalnej siły nacisku koła na płytę najazdową w trakcie drgań gasnących N_{min} .

Na podstawie zmierzonych wartości wyznaczana jest wielkość określająca skuteczność tłumienia amortyzatora tzw. wskaźnik EUSAMA określony w % jako stosunek minimalnego nacisku dynamicznego N_{min} koła pojazdu na podłoże zmierzonego w obszarze drgań rezonansowych do nacisku statycznego N_{stat} : $WE = (N_{min} / N_{st}) \times 100\%$

Wartości współczynnika WE skuteczności tłumienia amortyzatora i ich interpretacja zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1.

Ocena	Wartość WE
Bardzo dobry	$WE > 60\%$
Dobry	$40\% < WE < 60\%$
Wymaga sprawdzenia w stanie wymontowanym	$20\% < WE < 40\%$
Do wymiany	$WE < 20\%$

W celu wyeliminowania przypadków współpracy na jednej osi amortyzatorów o bardzo zróżnicowanych charakterystykach uwzględnia się dodatkowo parametr A_{max} (różnica maksymalnej amplitudy drgań amortyzatorów jednej osi). Wartości graniczne tego parametru przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2.

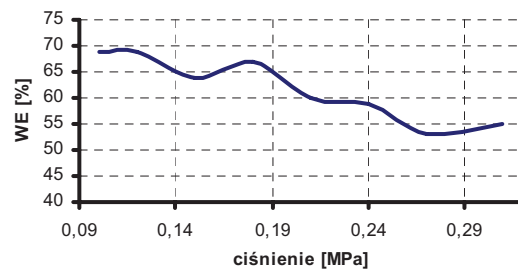
Zakres	Wartość
Niedopuszczalny	$A_{max} > 30\%$
Dopuszczalny	$15\% < A_{max} < 30\%$
optymalny	$A_{max} < 15\%$

Procentowy wynik oceny jest szybkim instrumentem diagnostycznym, który pozwala dokonać procentowej oceny jakości amortyzatorów pojazdu. Aby można było otrzymać realne wartości wyników pomiarów należy zawsze zachowywać następujące warunki:

- ciśnienie w oponach powinno być zgodne z danymi producenta z dokładnością 5%,
 - temperatura amortyzatorów nie powinna wykraczać poza zakres $0 \div 50^\circ C$,
 - przeprowadzający pomiar lub inna osoba powinna zajmować miejsce kierowcy, a poza tym w pojeździe nie może znajdować się żaden ładunek,
 - wszystkie hamulce powinny być zwolnione, a dźwignia biegów znajdować się w pozycji neutralnej,
 - koła powinny być ustawione do jazdy na wprost.
- Takie kryteria dla samochodów osobowych w Polsce ustalił Instytut Transportu Samochodowego.

3. BADANIA

Przeprowadzone badania miały na celu określenie wpływu dwóch parametrów na wynik badania amortyzatorów uzyskany metodą EUSAMA. Tymi parametrami były ciśnienie w ogumieniu i obciążenie osi badanej.

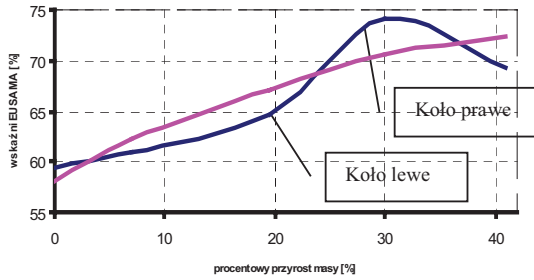


Rys. 2: Przebieg zmian wskaźnika EUSAMA w funkcji ciśnienia w ogumieniu.

Dla samochodu osobowego Ford Escort kombi z silnikiem 1,6 16V z 1999 roku przeprowadzono dwa cykle badań sprawności amortyzatorów osi tylnej. W samochodzie tym zastosowano ogumienie Dębica Presto 185/60 R14.

Pierwszy cykl badań przeprowadzono dla stałego obciążenia nominalnego pojazdu przy wykonywaniu zmiany ciśnienia w oponach od 0,31 do 0,10 MPa co 0,03 MPa. Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku nr 2.

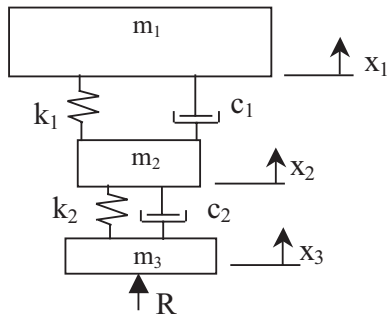
W drugim cyklu przeprowadzono badania przy zmiennym obciążeniu pojazdu i stałym ciśnieniu w oponach 0,18 MPa. Przeprowadzone zostały po trzy pomiary przy każdym z pięciu obciążeń. Obciążenia zmieniano od wartości nominalnej 534 kg do wartości odpowiadającej przyrostowi obciążenia o 41% (753 kg) dla tylnej osi pojazdu. Wyniki tego cyklu przedstawiono na rysunku nr 3.



Rys. 3: Wykres zmian wskaźnika EUSAMA w funkcji przyrostu masy

4. MODELOWANIE

W celu umożliwienia określenia badanych zależności dla większej ilości pojazdów o różnych parametrach charakteryzujących ich zawieszenia stworzono model ćwiartki samochodu (zawieszenia jednego koła) z układem wymuszającym. Budowę modelu przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4: Sposób zamodelowania układu zawieszenia badanego pojazdu

Wielkości charakteryzujące model to m_1 – masa resorowana (1/2 masy nadwozia przypadającej na oś badaną), m_2 – masa nieresorowana (koło z elementami wodzącymi), m_3 – masa płyty wymuszającej, k_1 – sztywność elementów sprężystych zawieszenia, k_2 – sztywność opony, c_1 – tłumienie zawieszenia pojazdu, c_2 – tłumienie opony x_1, x_2, x_3 – przemieszczenia, R – reakcja płyty na wymuszenie od koła pojazdu.

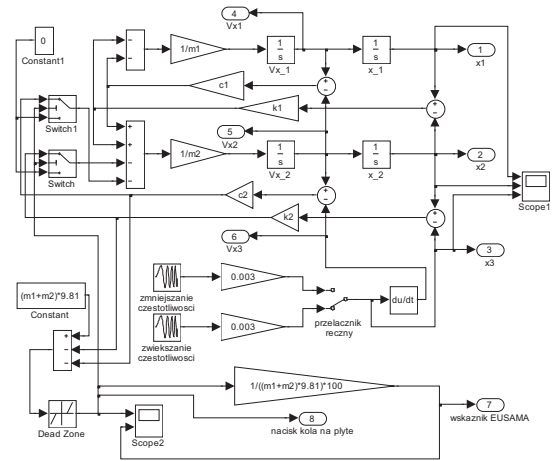
Równania ruchu dla modelowanego układu można zapisać w następujący sposób:

$$m_1 \ddot{x}_1 + c_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_1(x_1 - x_2) = 0$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_2(x_2 - x_3) - c_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) - k_1(x_1 - x_2) = 0$$

$$m_3 \ddot{x}_3 - c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) - k_2(x_2 - x_3) + R = 0$$

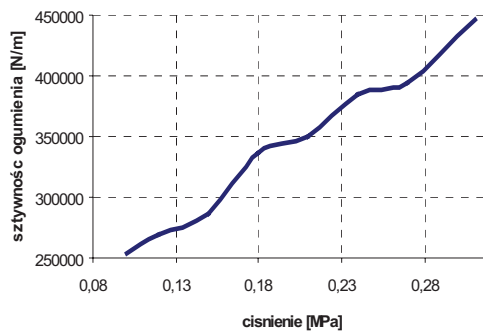
Na podstawie powyższych równań został zbudowany model matematyczny zapisany w środowisku MatLab Simulink. Do wygenerowania wymuszenia jednakowego z wymuszeniem stanowiska pomiarowego wykorzystano blok generujący sygnał sinusoidalny o stałej amplitudzie i o wzrastającej lub malejącej częstotliwości. Wielkość amplitudy może być zmieniana przy pomocy odpowiedniego bloku jednakże w związku z jej stałą wartością dla metody EUSAMA została ona ustawiona na 3 [mm] natomiast częstotliwość wzrastała od 0 do 25 [Hz]. Budowę modelu przedstawia rysunek 5.



Rys. 5: Schemat modelu zawieszenia pojazdu wraz ze stanowiskiem wymuszającym.

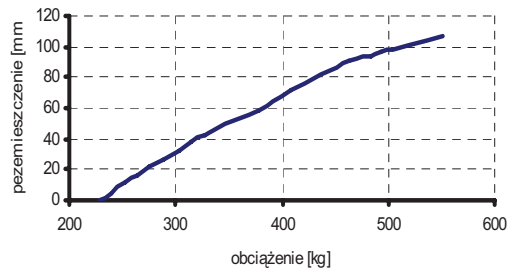
5. IDENTYFIKACJA PARAMETRÓW

W celu zidentyfikowania parametrów modelu wykonano szereg badań mających na celu określenie rzeczywistych wartości parametrów masowych, sztywności i tłumienia poszczególnych układów.



Rys. 6: Przebieg zmian sztywności opony o rozmiarze 185/60 R14 w funkcji ciśnienia powietrza.

Na podstawie przeprowadzonej próby obciążania opony znaną siłą ustalono średnią jej sztywność dla ciśnienia nominalnego 0,18 [MPa] $k_2 = 336000$ [N/m] oraz wyznaczono zmianę sztywności opony w funkcji ciśnienia.



Rys. 7: Charakterystyka tylnego zawieszenia badanego pojazdu.

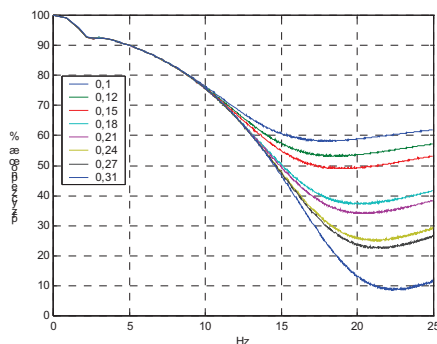
Uzyskaną charakterystykę sztywności opony przedstawiono na rysunku nr 6. Podobną próbę przeprowadzono w celu określenia sztywności

zawieszenia wykres doświadczalny z próby przedstawiono na rysunku nr 7. Ostatecznie ustalono wartość sztywności zawieszenia $k_1 = 28500$ [N/m].

6. WYNIKI

W wyniku przeprowadzonych badań eksperymentalnych i symulacyjnych określono następujące zachowanie badanego układu:

- za spadek siły nacisku koła na nawierzchnię płyty (równoznaczne z naciskiem koła na nawierzchnię drogi) odpowiadają drgania rezonansowe masy nieresorowanej (koła) w przedziale około 10-15 Hz,
- drgania koła w obszarze rezonansowym tłumione są głównie przez amortyzator – to jest podstawą oceny jego sprawności,
- siła przyczepności koła do nawierzchni jest też zależna od tłumienia i sprężystości opony i im większa jest sprężystość opony tym mniejsze amplitudy drgań koła powodują większe spadki nacisku koła na nawierzchnię drogi. Sztywność opony zwiększająca się wraz ze wzrostem ciśnienia jest więc istotnym czynnikiem wpływającym na dynamiczne naciski koła. Ilustruje to rysunek wskazujący, że błąd polegający na zbadaniu stanu zawieszenia dla nieobciążonego samochodu z oponami napompowanymi dla ciśnienia nominalnego dla samochodu obciążonego - tj. ciśnienie 0,31 MPa dla samochodu z bagażem i 5 osobami, daje błąd równy ok. 25 %. Wyniki badań eksperymentalnych błąd ten szacują na 15 %. Rozbieżność ta wynika z przyjęcia do symulacji bardzo uproszczonego modelu opony.

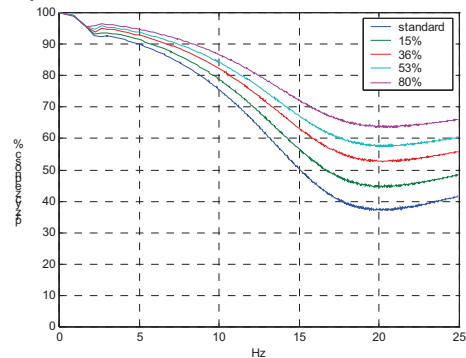


Rys. 8: Zmiany przyczepności koła do nawierzchni w funkcji zmian ciśnienia w ogumieniu, wartości ciśnienia podano w MPa

- w przypadku przyrostu obciążenia ze względu na zwiększenie siły oddziaływującej na koło od strony sprężyny zawieszenia obserwujemy zmniejszenie amplitudy drgań koła. Skutkiem tego jest uzyskiwanie większych wartości wskaźnika EUSAMA – dla zwiększenia masy do ok. połowy granicy masy dopuszczalnej - ok. 50% uzyskujemy w wyniku badań symulacyjnych zwiększenie tego współczynnika ok. 17% a dla badań eksperymentalnych o ok. 13 %. Zależność tą przedstawiono na rysunku 9

W wyniku badań przeprowadzonych na innych pojazdach zaobserwowano także inny wpływ

obciążenia pojazdu. W przypadku amortyzatorów o znacznym stopniu zużycia dla pojazdu bardzo lekkiego (furgon) na tylnej osi uzyskiwano bardzo dobre wartości wskaźnika tłumienia natomiast przy obciążeniu masą dopuszczalną uzyskano wynik poniżej 40%. Świadczy to o nieliniowej charakterystyce pogarszania się tłumienia amortyzatora.



Rys. 9: Zmiany przyczepności koła do nawierzchni w zależności od obciążenia.

Konkluzją przedstawionych badań i płynących z nich wniosków są dwa postulaty:

- konieczne jest uświadomienie pracowników obsługujących stanowiska kontroli amortyzatorów zabudowanych w pojeździe o wpływie różnych innych czynników poza stanem amortyzatora, na uzyskiwany wynik wskaźnika EUSAMA zarówno w sensie polepszania wyniku jak i jego pogarszania.
- wykonane badania eksperymentalne wykazują niedoskonałość dotychczas istniejących na rynku metod badania stanu amortyzatorów i powinno stać się to przyczynkiem do dalszego ich rozwoju i doskonalenia.

LITERATURA

- [1] Lozia Z., Badania kontrolne samochodów, praca zbiorowa, W.K.i Ł. Warszawa 2000 rok.
- [2] Sobolewski W., Ford Eskort i Orion, W.K.i Ł., Warszawa 1998 rok.
- [3] Mrozek B., Mrozek Z., Matlab 5.x Simulink 2.x poradnik użytkownika, PLJ Warszawa 1998r.



mgr inż. Jerzy Kupiec
asystent



dr inż. Grzegorz Ślaski
adiunkt

Zakład Pojazdów Samochodowych i Transportu
Drogowego Politechniki Poznańskiej