

Piotr Zdanowicz
Politechnika Warszawska
Wydział Transportu

PROBLEMATYKA OCENY STANU AMORTYZATORÓW NA STANOWISKU EUSAMA

Streszczenie: Praca dotyczy diagnozowania elementów tłumiących zastosowanych w zawieszeniu samochodu osobowego. Głównym jej celem było zobrazowanie kilku problemów, jakie mogą wystąpić podczas oceny stanu amortyzatorów zamontowanych w pojeździe. Przeanalizowano relacje pomiędzy zużyciem elementu tłumiącego, a wartością parametru diagnostycznego w jednym z testerów typu EUSAMA. Opisano zakłócający wpływ tarcia suchego w zawieszeniu oraz własności promieniowych pneumatyka na rezultaty bezdemontażowej kontroli amortyzatorów. Przedstawiono również przykładowe błędy, które mogą występować w informacjach podawanych przez urządzenia diagnostyczne.

Słowa kluczowe: tłumienie w zawieszeniu, badania amortyzatorów, metoda EUSAMA

1. WPROWADZENIE

Ocena stanu amortyzatorów zamontowanych w pojeździe jest pod wieloma względami problematyczna. Stanowiska realizujące powszechnie znane testy diagnostyczne („Boge” i EUSAMA) [1, 5, 11, 12, 14, 15] nie są urządzeniami pomiarowymi, a jedynie kontrolnymi. Próżno oczekiwać rezultatu badania w postaci charakterystyki, czy współczynnika tłumienia. Wynikiem jest w tym przypadku parametr, którego wartość określa w przybliżeniu stopień zużycia amortyzatora. Brak jest także jakiegokolwiek informacji o błędzie pomiaru. Specyfika obydwu metod polega na tym, że stanowisko nie ma bezpośredniego połączenia z badanym elementem. Jedyny kontakt samochodu z urządzeniem odbywa się za pośrednictwem kół jezdnych. Wadą takiego rozwiązania jest zakłócający wpływ wielu cech pojazdu na wynik testu [3, 6, 10, 13, 16].

Źródła literaturowe zawierają skromne informacje o zaburzeniach spowodowanych między innymi tarcie suchym w zawieszeniu pojazdu. Sporadyczne analizy tego zagadnienia prowadzono dotychczas tylko na podstawie symulacji [2, 4, 6, 7, 8, 9, 17]. Powyższe fakty mogą być przesłanką do przeprowadzenia prób o charakterze eksperymentalnym. Warto też zobrazować skalę tego zjawiska na tle zdecydowanie bardziej prozaicznego czynnika, jakim jest ciśnienie powietrza w ogumieniu.

2. METODA EUSAMA

Jednym z nowszych sposobów oceny stanu amortyzatorów zamontowanych w pojeździe jest metoda EUSAMA [1, 5, 11, 12, 14, 15]. Polega ona na kinematycznym pobudzaniu koła jezdnego do drgań pionowych o stałej amplitudzie 3 mm i częstotliwości malejącej od ponad 24 Hz do zera.

Badanie stanu amortyzatorów obejmuje następujące etapy:

- pomiar statycznej siły nacisku „ N_{st} ” koła na płytę najazdową stanowiska;
- pobudzenie układu do drgań o częstotliwości powyżej 24 Hz;
- wyłączenie napędu i pomiar minimalnej siły nacisku „ N_{min} ” koła na płytę najazdową stanowiska przy malejącej częstości wymuszenia.

Na podstawie zmierzonych wartości wyznaczana jest wielkość określająca skuteczność tłumienia amortyzatora, tzw. „wskaźnik EUSAMA” (WE):

$$WE = \frac{N_{min}}{N_{st}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

Dla parametru obliczonego według zależności (1) przyjmuje się następujące kryteria oceny stanu amortyzatorów:

- bardzo dobry ($WE > 60 \%$);
- dobry ($40 \% < WE \leq 60 \%$);
- dostateczny ($20 \% < WE \leq 40 \%$);
- niedostateczny ($WE \leq 20 \%$).

4. PRZEBIEG BADAŃ

Podczas pierwszej fazy testów oceniano wpływ stanu elementów tłumiących zawieszenia na wartość parametru diagnostycznego w metodzie EUSAMA. Wykorzystano w tym celu 4 amortyzatory o różnym stopniu zużycia. Jeden z nich posiadał właściwości elementu uszkodzonego, dwa kolejne cechowały się częściowym zużyciem, a odniesienie stanowił produkt fabrycznie nowy. Należy tutaj zaznaczyć, że wcześniejsze badanie organoleptyczne jednego z amortyzatorów nieuszkodzonych (oznaczony dalej jako „używany II”), przeprowadzone przez wykwalifikowanego diagnostę, zakończyło się negatywnym rezultatem.

Chcąc ocenić zakłócający wpływ własności promieniowych pneumatyka na wynik testu diagnostycznego, dla każdego elementu tłumiącego prowadzono badania przy nominalnej, zaniżonej i zawyżonej wartości ciśnienia powietrza w ogumieniu (0,2; 0,15; 0,25 MPa).

Drugi etap badań dotyczył zaburzeń spowodowanych tarciem suchym w zawieszeniu. Ze względu na szereg trudności o charakterze technicznym ograniczono się tylko do prób z nominalnym (150 N) oraz zwiększonym (do 230, 290 i 370 N) tłumieniem ciernym. Wszystkie testy tej serii realizowano z wykorzystaniem amortyzatora częściowo zużytego (oznaczony dalej jako „używany I”) oraz przy braku tłumienia wiskotycznego w

zawieszeniu. Aby zwrócić uwagę na problem powtarzalności wyników, każdą próbę tego typu wykonywano trzykrotnie.

Realizując program badań przeprowadzono łącznie 36 pomiarów. Rejestrowano zarówno wartości wskaźnika EUSAMA jak i odpowiadające im częstotliwości wymuszenia. Do wszystkich prób wykorzystano popularny w naszym kraju samochód osobowy klasy średniej oraz jedno ze znanych stanowisk diagnostycznych (tablica 1).

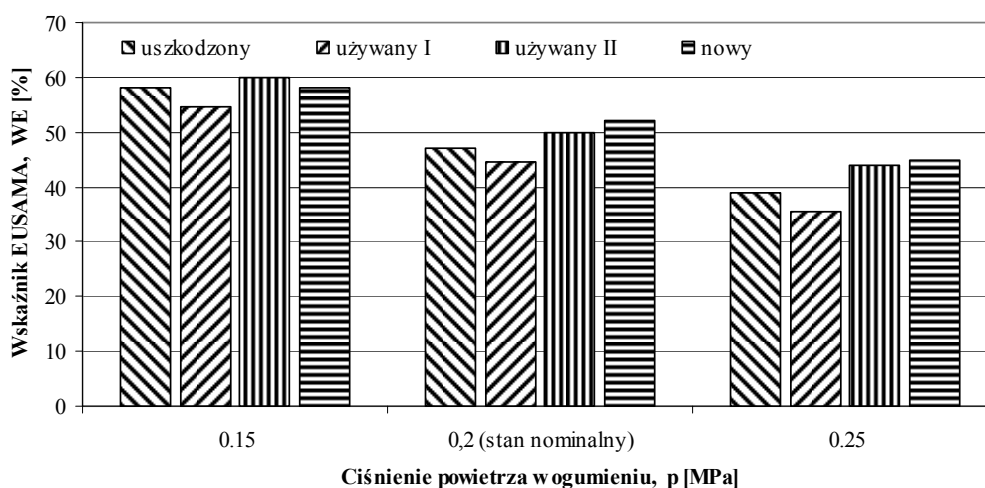
Tablica 1.

Dane techniczne stanowiska diagnostycznego [5]

| Nazwa parametru | Jednostka | Wartość |
|---|-----------|-------------|
| Dopuszczalne obciążenie przejezdne (siła nacisku na oś) | kN | 40 |
| Dopuszczalna siła nacisku koła jezdnego na płytę | kN | 10 |
| Zakres rozstawu kół jezdnych pojazdów badanych | m | 0,815÷2,215 |
| Moc silnika elektrycznego | kW | 1,5 |
| Maksymalna częstotliwość wymuszenia | Hz | 23 |
| Rozdzielczość wskazań częstotliwości | Hz | 1 |
| Amplituda wymuszenia | m | 0,003 |
| Zakres pomiarowy | % | 0÷100 |

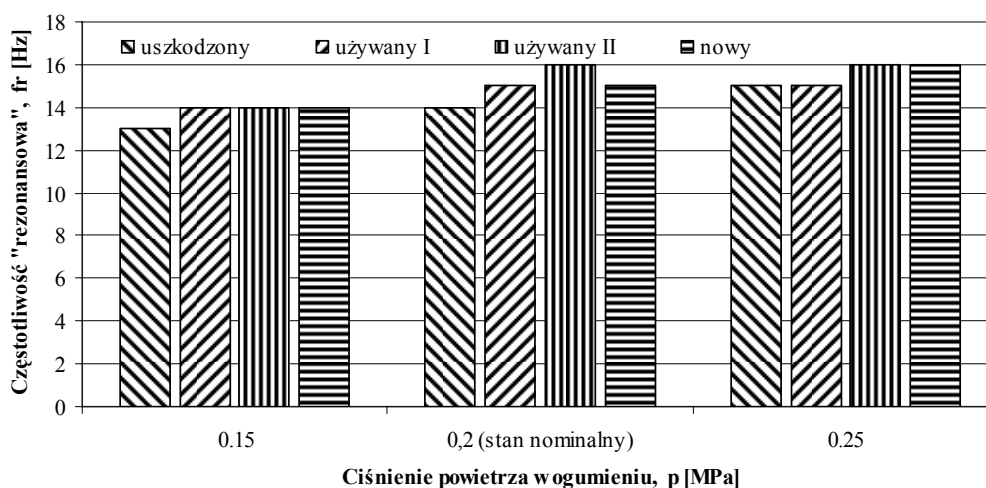
5. WYNIKI BADAŃ

Spośród rozpatrywanych amortyzatorów w dwóch przypadkach najlepszy wynik testu osiągnął produkt nowy (rys. 1). Przy obniżonej wartości ciśnienia powietrza w ogumieniu najwyższą ocenę uzyskał element, który podczas wcześniejszych oględzin uznano za ewidentnie zużyty. Nieco gorzej wypadł amortyzator uszkodzony, natomiast najgorszym wskaźnikiem EUSAMA cechował się ten oznaczony jako „używany I”.



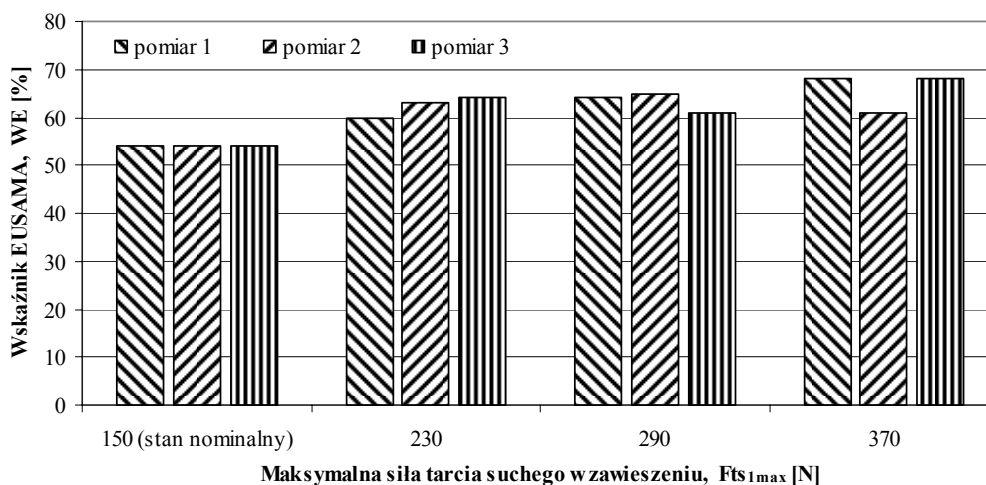
Rys. 1. Wpływ stanu amortyzatora i ciśnienia powietrza w ogumieniu na wartość wskaźnika EUSAMA

Uzyskane w badaniach rezultaty okazały się zbieżne z wcześniejszymi doniesieniami o zakłócającym wpływie własności promieniowych (sprężystych i tłumiących) pneumatyka na wynik bezdemontażowego badania amortyzatorów. Po zmniejszeniu ciśnienia powietrza w ogumieniu o 0,1 MPa (z 0,25 do 0,15 MPa), otrzymano wartości parametru diagnostycznego od 14 do 20 punktów procentowych wyższe. Obserwowano tym większe zaburzenia im gorszy był stan ocenianego elementu. Odwrotną tendencję zauważono w przypadku częstotliwości, przy których wyznaczane były wartości wskaźnika EUSAMA (rys. 2).



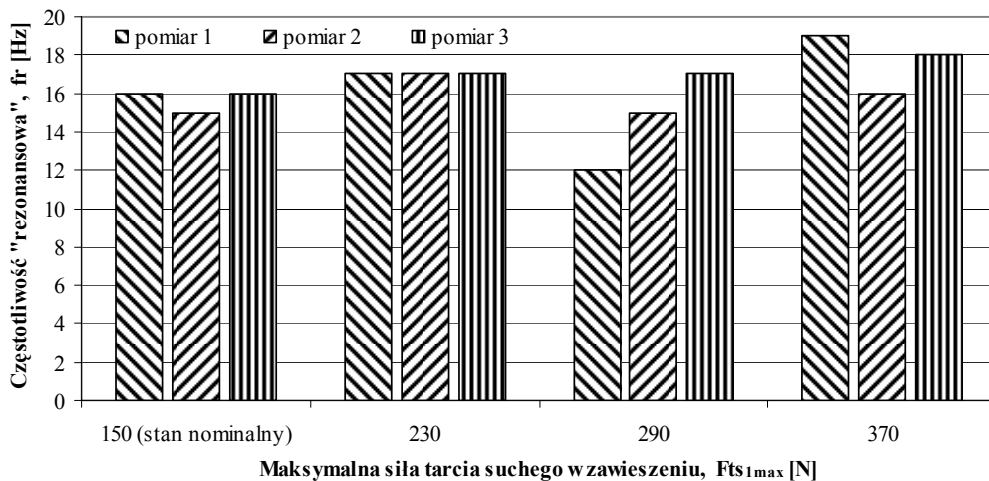
Rys. 2. Wpływ stanu amortyzatora i ciśnienia powietrza w ogumieniu na wartość częstotliwości „rezonansowej”

Na wynik testu diagnostycznego wpływało również tarcie suche w zawieszeniu (rys. 3). Po zwiększeniu tego parametru o około 50% (ze 150 do 230 N) zaobserwowano zmiany wartości wskaźnika EUSAMA od 54% do 60÷64%. Dalszy wzrost tłumienia ciernego nie powodował już tak widocznej poprawy wyniku próby. Wyraźny stan nasycenia wystąpił przy wartościach parametru diagnostycznego (wskaźnika WE) na poziomie 65%.



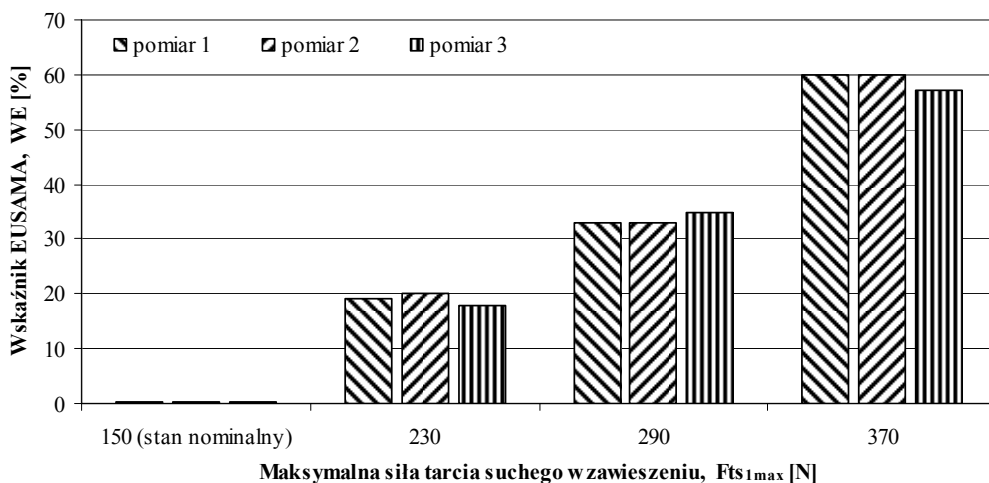
Rys. 3. Wpływ tłumienia ciernego w zawieszeniu na wartość WE (amortyzator zamontowany)

W przypadku częstotliwości, przy których wyznaczane były końcowe rezultaty kolejnych testów, trudno jest wskazać jakiegokolwiek tendencje (rys. 4). Dość duże różnice w wartościach (widoczne również na rys. 3) wskazują na pewną wadę stanowiska, którą jest mała powtarzalności prób. Maksymalne rozbieżności podczas trzech pomiarów w tych samych warunkach dochodziły tutaj do 7 punktów procentowych (5 Hz).



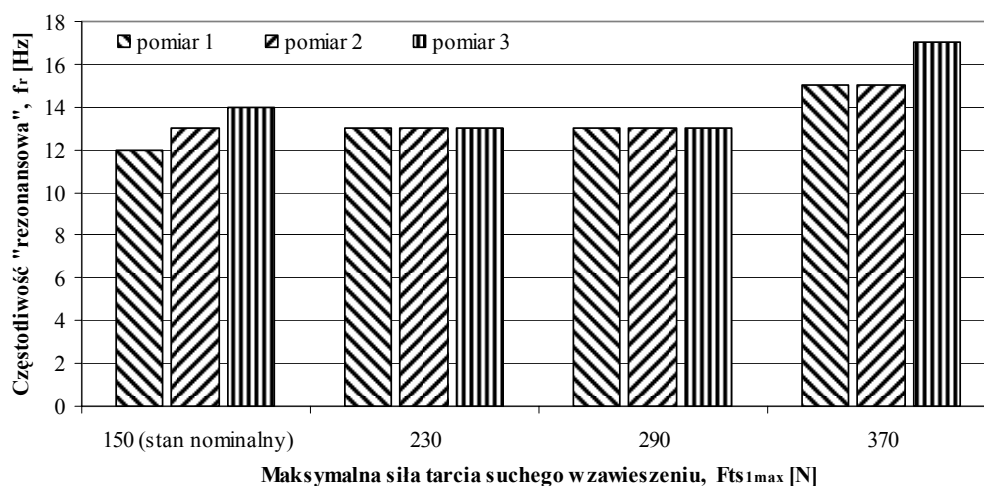
Rys. 4. Wpływ tłumienia ciernego w zawieszeniu na wartość częstotliwości „rezonansowej” (amortyzator zamontowany)

Znacznie większe zaburzenia zaobserwowano po usunięciu tłumienia wiskotycznego z zawieszenia (rys. 5). Opisywany stan graniczny wprowadzono w celu zobrazowania sytuacji odpowiadającej całkowitemu zużyciu amortyzatora. O ile przy nominalnej wartości tłumienia ciernego wynik próby był zerowy, to każdy wzrost tego parametru o 100 N powodował przyrost wskaźnika EUSAMA średnio o ponad 25 jednostek (punktów procentowych). Po zwiększeniu tarcia suchego o 220 N (o około 150%) uzyskano wyniki z pogranicza pomiędzy stanem dobrym i bardzo dobrym.



Rys. 5. Wpływ tłumienia ciernego w zawieszeniu na wartość WE (amortyzator wymontowany)

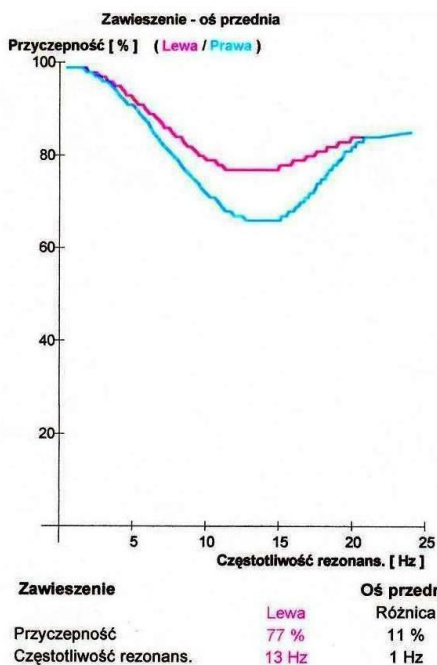
Średnie wartości częstotliwości, przy której wyznaczany był parametr diagnostyczny (wskaźnik WE) uległy wzrostowi dopiero po wprowadzeniu największego tłumienia ciernego (rys. 6). Zmiany były jednak niewielkie i zawierały się w granicach 2÷4 Hz. Podczas tej serii badań zaobserwowano również nieco większą powtarzalność prób. Maksymalne różnice pomiędzy wartościami wskaźnika EUSAMA w kolejnych powtórzeniach nie przekraczały 3 punktów procentowych. W przypadku częstotliwości „rezonansowej” zarejestrowane rozbieżności były niewiększe niż 2 Hz.



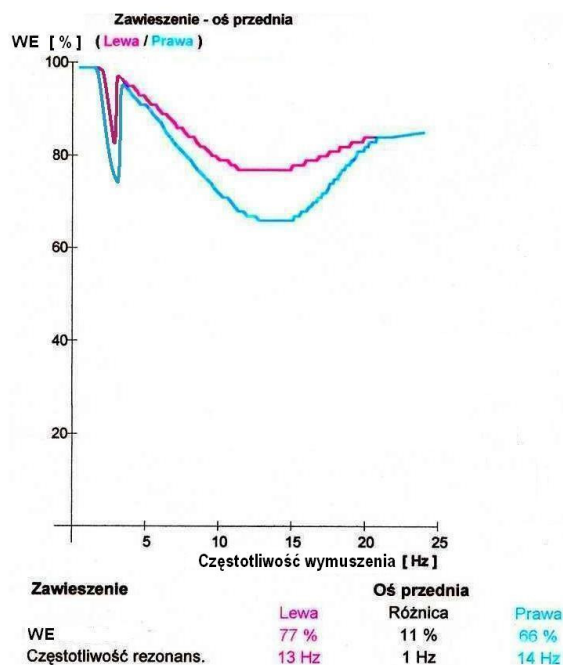
Rys. 6. Wpływ tłumienia ciernego w zawieszeniu na wartość częstotliwości „rezonansowej” (amortyzator wymontowany)

Oceniając zakłócający wpływ własności promieniowych pneumatyka oraz tarcia suchego w zawieszeniu na rezultaty bezdemontażowej oceny amortyzatorów dostrzeżono także innego typu problem. Okazuje się bowiem, że interpretacja wyników próby może być również utrudniona ze względu na nieprecyzyjne, a niekiedy nawet błędne informacje podawane przez niektóre urządzenia diagnostyczne. Przykładem może być tutaj fragment protokołu pomiarowego (rys. 7a), który pochodzi z wykorzystywanego stanowiska, realizującego test według zaleceń EUSAMA. Największe zastrzeżenia można sformułować w odniesieniu do wyznaczanych charakterystyk. Na podstawie tak przedstawionych rezultatów łatwo stwierdzić, że oceniany układ dynamiczny w przedziale 0÷23 Hz posiada tylko jedną – „górną” – częstotliwość rezonansową (13÷14 Hz), co nie jest prawdą. Na wykresie powinna być również widoczna sytuacja, w której częstość wymuszenia pokrywa się z częstotliwością drgań swobodnych bryły nadwozia o wartości około 2 Hz [16] (rys. 7b). Wątpliwości budzi także nazwa parametru diagnostycznego („Przyczepność”), która kojarzona jest zazwyczaj z jednostkową siłą styczną w obszarze kontaktu koła z podłożem, a nie stanem amortyzatora. Formułując optymistyczne założenie, że wykorzystana w urządzeniu metoda nie służy wyłącznie do oceny stopnia zużycia elementu tłumiącego, lecz dotyczy całego zawieszenia, wielkością tą powinno być raczej „Przyleganie” lub po prostu „wskaźnik EUSAMA”. Kolejna nieścisłość tkwi w nazwie zmiennej niezależnej. „Częstotliwość rezonansowa” jest tutaj tylko parametrem charakteryzującym konkretny układ dynamiczny i dla obiektu badań w danym stanie technicznym powinna być stała.

a)



b)



Rys. 7. Przykładowy fragment protokołu pomiarowego:
a) wersja oryginalna, b) wersja jakościowo poprawiona

6. PODSUMOWANIE

Przedstawione rezultaty badań stanowiskowych potwierdziły zakłócający wpływ własności promieniowych pneumatyka oraz tłumienia ciernego w zawieszeniu na wynik testu EUSAMA. Przy zadowalającym stanie amortyzatora większe zaburzenia odnotowano po zmianach ciśnienia w ogumieniu. Oceniając wpływ tarcia suchego w zawieszeniu zaobserwowano dodatkowo inne, niepokojące zjawisko. Zaburzenia uległy bowiem wyraźnej eskalacji po zredukowaniu tłumienia wiskotycznego w amortyzatorze do wartości zerowej. Należy zatem przypuszczać, że wraz ze wzrostem zużycia badanego elementu, zakłócający wpływ tarcia suchego będzie się w każdym przypadku zwiększał. Pojazdy charakteryzujące się dużym tłumieniem ciernym w zawieszeniu mogą wówczas uzyskiwać bardzo dobre wyniki bezdemontażowej kontroli amortyzatorów, pomimo ich całkowitego zużycia.

W trakcie realizacji badań zauważono także innego typu problemy. Stwierdzono dość niską powtarzalność wyników oraz szereg nieprawidłowości w protokołach pomiarowych, pochodzących ze stanowiska diagnostycznego.

Powyższe spostrzeżenia mogą być wykorzystane podczas szkolenia pracowników zaplecza technicznego motoryzacji oraz personelu zarządzającego flotą samochodową.

Bibliografia

1. Bocheński C., Bogus S., Damm A., Lozia Z., Turek L.: Badania kontrolne samochodów. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 2000.
2. Bocheński C., Lozia Z., Mikołajczuk J.: Próba obiektywnej oceny metody badań amortyzatorów zamontowanych w pojeździe zalecanej przez zrzeszenie EUSAMA. Diagnostyka maszyn roboczych i pojazdów '99. Referaty i komunikaty X Konferencji Naukowo-Technicznej. Część I. Bydgoszcz-Borówno 1999, str. 59÷70.
3. <http://www.ika.rwth-aachen.de/>
4. Kostrzewa R., Zagrodzki P.: Studium testu diagnostycznego amortyzatorów w pojeździe, opartego na przechodzeniu układu przez rezonans. Motoryzacyjny Kwartalnik Naukowo-techniczny. 1'93. Warszawa 1993, str. V÷VIII.
5. Lozia Z.: Diagnostyka samochodowa. Laboratorium. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2007.
6. Lozia Z.: Metody oceny stanu amortyzatorów zamontowanych w pojeździe. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów. 3(54)/2004. Warszawa 2004, str. 21÷43.
7. Lozia Z., Mikołajczuk J.: Ocena przydatności testu diagnostycznego stanu amortyzatorów zamontowanych w pojeździe, wykorzystującego wymuszenie kinematyczne w kontakcie koła z podłożem. Archiwum Motoryzacji. Nr 2/1997. Warszawa 1997, str. 3÷24.
8. Lozia Z., Zdanowicz P.: Dry friction force in suspension vs. testing result of shock-absorbers mounted in vehicle. Elementy diagnostyki maszyn roboczych i pojazdów. Red. Żółtowski B. Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB. Radom-Bydgoszcz 2009, str. 340÷347.
9. Lozia Z., Zdanowicz P.: Wykorzystanie różnych formalizmów opisu tarcia suchego w modelu „ćwiartki samochodu” stosowanym do symulacji testu diagnostycznego stanu amortyzatorów. Teka Komisji Motoryzacji PAN o/Kraków. Zeszyt Nr 33-34. Kraków 2008, str. 215÷222.
10. Lozia Z., Zdanowicz P.: Zastosowanie modelu „ćwiartki samochodu” do symulacji testu diagnostycznego stanu amortyzatorów. Prace Naukowe Transport (z. 63). Warszawa 2007, str. 163÷170.
11. Niziński S.: Diagnostyka samochodów osobowych i ciężarowych. Dom Wydawniczy Bellona. Warszawa 1999.
12. Sitek K.: Diagnostyka Samochodowa. Układy odpowiedzialne za bezpieczeństwo jazdy. Wydawnictwo AUTO. Warszawa 1999.
13. Stańczyk T. L.: Analysis of possibilities for using phase angle as a diagnostic parameter in shock absorber examinations. The Archives of Transport. Vol. XVI, No 2. Warsaw 2004, pp. 33÷50.
14. Trzeciak K.: Diagnostyka samochodów osobowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 2008.
15. Trzeciak K.: Wyposażenie warsztatów samochodowych. Nowoczesne metody i urządzenia w naprawie i obsłudze samochodów. Wydawnictwo AUTO. Warszawa 1998.
16. Tsyberov A.: An improved non-intrusive automotive suspension testing apparatus with means to determine the condition of the dampers. SAE Technical Paper Series 960735. 1996.
17. Zdanowicz P.: Model własności promieniowych pneumatyka wykorzystywany do symulacji testu diagnostycznego stanu amortyzatorów. Czasopismo Techniczne. Mechanika. Zeszyt 12 (z. 8-M/2008). Kraków 2008, str. 29÷48.

ASSESSMENT PROBLEMS DURING THE SHOCK-ABSORBERS CONDITION TESTS ON EUSAMA STAND

Abstract: The paper is on the diagnosis of damping elements used in vehicle suspensions. The main purpose was description of a few problems which can exist while assessment of the vehicle mounted shock-absorbers condition. Relationship between damping elements wear and value of the diagnostic parameter in one of the EUSAMA tester was through. The interfering influence of suspension dry friction and tired wheel radial properties (stiffness and damping) on vehicle mounted shock-absorbers test results were specified. The paper presents also exemplary errors that may occur in the information provided by diagnostic equipment.

Keywords: suspension damping, shock-absorbers tests, EUSAMA method