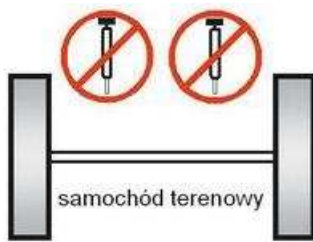


Metoda "2 w 1" w praktyce diagnostycznej



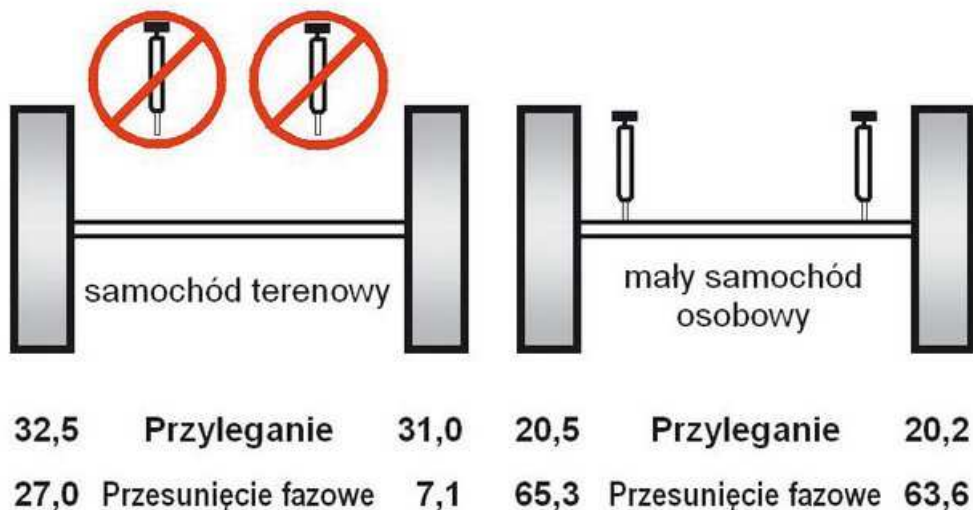
Rys. Jacek Kubiś, Wimad

Dotychczas stosowane jednofazowe testery zawiesznień analizują tylko jeden parametr: metoda Eusama - przyleganie, a metoda Boge – tłumienie. Wiadomo, że prowadzi to czasami do fałszywych wniosków.

Tradycyjne badania diagnostyczne bywają zawodne, gdyż ich wyniki, zwłaszcza te istotne dla bezpieczeństwa ruchu drogowego, nie zawsze są jednoznaczne i obiektywne, mierzą bowiem wielkości fizyczne w sposób zależny od specyfikacji ustalanych przez producenta pojazdu. Równoczesna kontrola obu wspomnianych parametrów: kąta przesunięcia fazowego (tłumienia) i wartości przylegania koła umożliwi bardziej zobiektywizowaną ocenę stanu zawieszenia w chwili badania (w tym jego symetryczności dla obu stron pojazdu i sztywności przy niskich częstotliwościach drgań) oraz poprawności działania amortyzatorów, a także izolacji drgań wysokoczęstotliwościowych, zależnej przede wszystkim od elastyczności opon i gumowych elementów łączących.

Testy porównawcze

Do badań wybrano samochód terenowy ze sztywnym tylnym mostem napędowym i półeliptycznymi resorami piórowymi, w którym wymontowano tylne amortyzatory, oraz lekki samochód osobowy ze sztywną belką tylną i nowymi standardowymi amortyzatorami - rozwiązanie stosowane w starszych modelach, np. WV Polo lub Fiat Punto (rys. 1).



1. Test porównawczy dwóch zawieszzeń tylnych o różnej konstrukcji

W aucie terenowym stwierdzono przyleganie koła lewego 32,5%, prawego 31%, co przy lekkim tyle pojazdu stanowi wynik przyzwoity, lecz kąt przesunięcia fazowego wyniósł 27° dla koła lewego i tylko 7,1° dla koła prawego. Oznacza to prawie całkowity brak tłumienia, zrozumiałą w zawieszeniu pozbawionym amortyzatorów. Dobre przyleganie ma natomiast związek z wewnętrznym tarcieniem w resorach piórowych. Oczywiście auto w takim stanie nie powinno być dopuszczone do ruchu drogowego, choć przeszłoby pomyślnie badanie metodą Eusama w przeciwieństwie do metody Boge.

W przypadku małego samochodu osobowego uzyskano wyniki przesunięcia fazowego dla koła lewego 65,3°, prawego 63,6°, a przyleganie na poziomie 20%! (20,5%: koło lewe, 20,2%: koło prawe), co oznacza, że pojazd jest bardzo niebezpieczny, zwłaszcza na śliskich nawierzchniach. Tym razem więc zdyskwalifikowana została metoda Boge, według której taki stan techniczny byłby całkiem poprawny.

Po zamontowaniu standardowych amortyzatorów do terenówki uzyskujemy przyleganie (lewa/prawa strona): 57,1%/53,6%, a kąt przesunięcia fazowego 48,4°/47,2°. Auto będzie więc dość dobrze trzymało się drogi, a miękkie zawieszenie wespół z "balonowymi" oponami zapewni znaczny komfort jazdy. Dzięki wymianie tylnych amortyzatorów w małym samochodzie na "twardsze" można osiągnąć znaczne usztywnienie zawieszenia do niemal sportowego poziomu 0,55 (55%) przy kącie przesunięcia fazowego L/P wynoszącym: 77,8°/77,1°.

Kryteria Eusama wykorzystywane w omawianej dwufazowej metodzie pomiaru zostały minimalnie zmodyfikowane, aby zrekompensować skutki oddziaływania masy

resorowanej. Te drobne zmiany wynikają z modelu analitycznego, a następnie z eksperymentalnego potwierdzenia słuszności takich korekt.

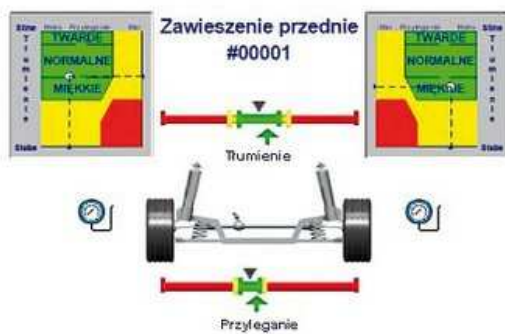
| Dane zawieszenia - oś przednia | |
|------------------------------------|-------|
| Błędne tłumienie | 39,0° |
| Słabe tłumienie | 40,0° |
| Miękkie tłumienie | 60,0° |
| Skrajna różnica tłumienia (L/P) | 10° |
| Błędna różnica tłumienia (L/P) | 15° |
| Linia bazowa skrajnego przylegania | 37,0% |
| Linia bazowa błędnego przylegania | 25,0% |
| Skrajna różnica przylegania (L/P) | 10,0% |
| Błędna różnica przylegania (L/P) | 15,0% |
| Ref. Curb Weight | 907kg |

2. Kryteria oceny wyników badania według firmy Hunter

Minimalny kąt przesunięcia fazowego poniżej 40 stopni, co odpowiada wskaźnikowi tłumienia $\theta = 0,08$, jest uważany za niewystarczający. Dla poprawy komfortu jazdy niektóre amortyzatory przeznaczone do zawiesznień miękkich mają bardzo niskie wartości tłumienia, a tym samym też niewielkie kąty przesunięcia fazowego. Wymiana amortyzatorów w tych pojazdach może (ale nie musi) poprawić wartość przylegania lub kąta przesunięcia fazowego, gdyż to zależy od uzyskanych dzięki temu zmian charakterystyki tłumienia. Na przykład, twardsze amortyzatory, z co najmniej 60-stopniową wartością kąta przesunięcia fazowego, zwykle zwiększają przyczepność, ale wzrasta przy tym sztywność zawieszenia.

Wnioski z raportu zbiorczego

W kolejnym teście (rys. 3) badano samochód klasy SUV z niezależnymi wszystkimi zawieszzeniami (kolumny McPhersona). Stwierdzono w nim prawidłowe przyleganie przy krytycznej wartości tłumienia z tyłu, zwłaszcza w lewym tylnym amortyzatorze (rys. 4). Wartości przylegania i kąta przesunięcia fazowego w przednim zawieszeniu są wręcz wzorcowe, lecz kąt przesunięcia fazowego o wartości 19° dla tylnej lewej strony kwalifikuje amortyzator do wymiany (rys. 5).



Zawieszenie przednie
PRAWIDŁ.
 Sprawdź ciśnienie w kołach



Zawieszenie tylne
NIEPRAWIDŁ. - Sprawdź
 elementy zawieszenia z lewej
 i z prawej strony

Sprawdź podzespoły zawieszenia,
 zalecana wymiana amortyzatora.

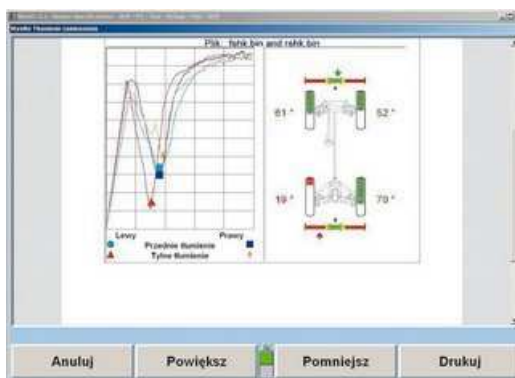
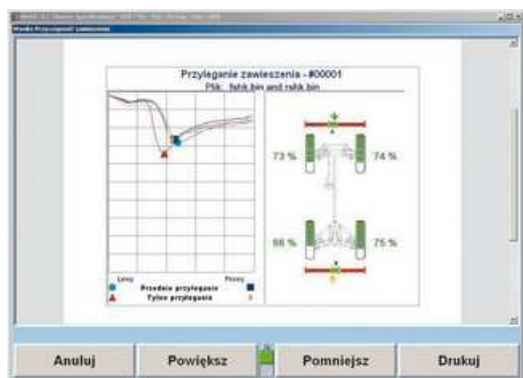
3. Ogólne wyniki badania zawieszzeń auta typu SUV

Raport obejmujący wszystkie wyniki pomiarów (rys. 6) pozwala też określić sztywność na poziomie 0,2 dla zawieszenia przedniego, a na poziomie 0,25 dla zawieszenia tylnego. Izolacja drgań wysokoczęstotliwościowych ma z przodu wartość ok. 85%, a z tyłu ok. 84%.

Wnioski z badania są następujące. Należy wymienić lewy amortyzator, a właściwie parę amortyzatorów, przy których dobrze niewskazane są te o silnym tłumieniu (twarde), lecz raczej średnie, zachowujące równowagę w przyleganiu i kącie przesunięcia fazowego pomiędzy przodem a tyłem pojazdu, co ograniczy jego tendencję do wzdłużnego kołysania. Przyczepność, jako funkcja przylegania, pozostanie na wysokim poziomie z powodu znacznej masy resorowanej i jej wysokiego stosunku do nieresorowanej.



4. Wyniki testów tylnego lewego i tylnego prawego zawieszenia w samochodzie SUV



5. Szczegółowe wyniki testów przylegania (z lewej) i tłumienia w zawieszeniach samochodu typu SUV

Mała sztywność zawieszania decyduje o komforcie podróży, ale też jest przyczyną bocznych przechyłów nadwozia podczas szybkiego pokonywania zakrętów. Tę tendencję można skorygować, zwiększając np. o 1 cal średnicę obręczy kół przy jednoczesnym obniżeniu lub zachowaniu dotychczasowej wysokości profilu opony. Możliwe, choć często zbyt kosztowne, są dalsze modyfikacje, jak usztywnienie sprężyn kolumn McPherson lub stabilizatorów. Przy wszelkich korektach zawiesznień należy mieć na uwadze geometrię ustawienia kół, ponieważ zmiana średnicy obręczy musi uwzględniać jej offset, a ten z kolei wpływa na zmianę kąta pochylenia osi zwrotnicy i promienia zataczania. Badany pojazd charakteryzuje się bardzo dobrą izolacją drgań wysokoczęstotliwościowych, którą ewentualna wymiana obręczy i opon może pogorszyć tylko w niewielkim stopniu.

**Podsumowanie
#00336**

| ZAWIESZENIE | Wynik pomiaru | Skrajne | Błędne | Jednostki |
|--|---------------|-----------|------------|-----------|
| Lewy przód | | | | |
| - przyleganie | 73 | 37,0 | 25,0 | % |
| - kąt przesunięcia fazowego | 61 | 40,0 | 20,0 | * |
| - sztywność jazdy | 0,2 | | | % |
| - izolacja drgań wysokoczęstotliwościowych | 83,3 | | | |
| - sztywność opony | 284,4 | | | N/mm |
| - przyleganie przy 25 Hz | 84,6 | | | % |
| Prawy przód | | | | |
| - przyleganie | 74 | 37,0 | 25,0 | % |
| - kąt przesunięcia fazowego | 52 | 40,0 | 20,0 | * |
| - sztywność jazdy | 0,2 | | | % |
| - izolacja drgań wysokoczęstotliwościowych | 86,2 | | | |
| - sztywność opony | 224,8 | | | N/mm |
| - przyleganie przy 25 Hz | 87,8 | | | % |
| Przyleganie przód strona prawa/lewa | -1,9 | 0,7/-19,3 | 5,7/-24,3 | % |
| Tłumienie lewego / prawego przodu | 8,9 | +/- 20,0 | +/- 30,0 | * |
| Lewy tył | | | | |
| - przyleganie | 66 | 32,0 | 21,0 | % |
| - kąt przesunięcia fazowego | 19 | 40,0 | 20,0 | * |
| - sztywność jazdy | 0,2 | | | % |
| - izolacja drgań wysokoczęstotliwościowych | 84,5 | | | |
| - sztywność opony | 269,4 | | | N/mm |
| - przyleganie przy 25 Hz | 85,6 | | | % |
| Prawy tył | | | | |
| - przyleganie | 75 | 32,0 | 21,0 | % |
| - kąt przesunięcia fazowego | 70 | 40,0 | 20,0 | * |
| - sztywność jazdy | 0,3 | | | % |
| - izolacja drgań wysokoczęstotliwościowych | 83,2 | | | |
| - sztywność opony | 283,0 | | | N/mm |
| - przyleganie przy 25 Hz | 84,7 | | | % |
| Przyleganie tył strona prawa/lewa | | 12,4/-7,6 | 17,4/-12,6 | % |
| Tłumienie lewego / prawego tyłu | 51,9 | +/- 20,0 | +/- 30,0 | * |
| DANE POJAZDU | Lewa | Prawa | Całkowita | Jednostki |
| Oś przednia | | | | |
| - masa | 612,8 | 593,3 | 1206,1 | kg |
| - GAWR | | | 907,2 | kg |
| Oś tylna | | | | |
| - masa | 616,9 | 616,4 | 1233,3 | kg |
| - GAWR osi tylnej | | | 680,4 | kg |
| Rozstaw osi (szacowany) | | | 3175,0 | mm |
| Wysokość CG (szacowana) | | | 685,8 | mm |

Wnioski

#00336

- > ZAWIESZENIE
W celu porównania i sprawdzenia wyników testu wywołaj dane pojazdu z katalogu.
- > ZAWIESZENIE – OŚ PRZEDNIA
Prawidłowe
- > ZAWIESZENIE – OŚ TYLNA
- > LEWA / PRAWA
Podzespoły układu zawieszenia;
zalecana wymiana amortyzatora / kolumny.
- > KOŁO LEWE
Poluzowany, nieszczelny lub uszkodzony amortyzator / kolumna.
Rozważana wymiana amortyzatora / kolumny
- > KOŁO PRAWIE
Prawidłowe

6. Raport zbiorczy z pomiarów zawieszenia metodą "2 w 1"

Minimalne przyleganie koła wpływa istotnie na bezpieczeństwo jazdy, więc powinno być uwzględniane w takiej kompleksowej analizie. Kąt przesunięcia fazowego odzwierciedla z kolei charakterystykę tłumienia i maksymalne przyspieszenie pionowe koła, a po skojarzeniu z informacjami dotyczącymi przylegania może posłużyć do obliczenia bezwzględnie przyspieszenia koła względem podłoża.

Czasami, po wymianie amortyzatorów lub całych kolumn resorujących na nieoryginalne, w pojazdach z dużym przesunięciem fazowym nie stwierdza się

poprawy przylegania koła, a zatem i przyczepności, a lepsza charakterystyka tłumienia występuje przy niskich częstotliwościach drgań. Dlatego przy wyborze amortyzatorów powinny być brane pod uwagę częstotliwości rezonansowe masy resorowanej i nieresorowanej. Wysoka wartość tłumienia podczas skoku odbicia względem skoku dobiecia powinna poprawiać komfort jazdy przy niskich częstotliwościach rezonansowych masy resorowanej. Z kolei wartości tłumienia w obu skokach powinny się wyrównywać w strefie częstości odrywania się koła od nawierzchni. Daje to bowiem efekt usztywnienia zawieszonych przy dużych prędkościach i ogólnie poprawia prowadzenie pojazdu.

Dokładność metody "dwufazowej"

Wyniki uzyskiwane drogą analiz są niemal w pełni zgodne z rezultatami badań praktycznych przeprowadzanych na testerach zawieszonych. Niewielkie różnice to wyłącznie efekt uproszczeń zastosowanych w obliczeniach. Nie mają one realnego wpływu na wiarygodność tej techniki diagnostycznej. Jednoznaczność obiektywnych ustaleń i szansa wykrycia usterki zawieszenia jest tu natomiast nieporównywalnie większa niż przy korzystaniu z tradycyjnych metod "jednofazowych" Boge lub Eusama.



Zenon Majkut
Wimad Spółka Jawna